



(10) **DE 10 2018 122 613 A1** 2019.03.21

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 122 613.6**

(22) Anmeldetag: **16.09.2018**

(43) Offenlegungstag: **21.03.2019**

(51) Int Cl.: **H01B 1/00 (2006.01)**

E04C 5/00 (2006.01)

H02G 3/36 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2017 121 422.4 15.09.2017

(71) Anmelder:

**Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur
Leipzig, 04277 Leipzig, DE**

(74) Vertreter:

**Gottfried, Hans-Peter, Dipl.- Ing., 01067 Dresden,
DE**

(72) Erfinder:

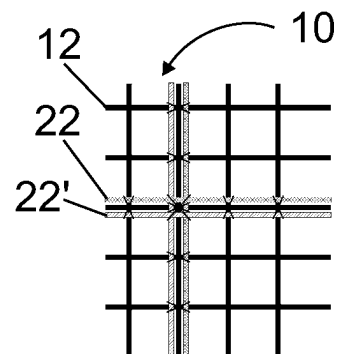
**Rudloff, Tobias, 04177 Leipzig, DE; Telschow,
Dietmar, 04317 Leipzig, DE; Kahnt, Alexander,
04275 Leipzig, DE; Kirmse, Susanne, 04229
Leipzig, DE; Grauer, Otto, 04275 Leipzig,
DE; Lägel, Emanuel, 04613 Lucka, DE;
Holschemacher, Klaus, 04425 Taucha, DE;
Heimbold, Tilo, 04821 Brandis, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Daten- und/oder Energieübertragung über eine elektrische Leitung, die im Inneren eines Bauteils angeordnet sind**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Daten- und/oder Energieübertragung über elektrische Leiter, die im Inneren eines ein Matrixmaterial umfassenden Bauteils angeordnet sind. Nach der Erfindung liegen die elektrischen Leitungen aus elektrisch leitfähigen textilen Garnen, Fasern oder Rovings im Inneren des Bauteils vor und sind mit dem mineralischen oder organischen Matrixmaterial fest vergossen. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Bauteil, umfassend eine Bewehrung aus elektrisch leitfähigen textilen Garnen, Fasern oder Rovings, sowie ein Verfahren zur Auswahlkonfiguration von Carbonfasern, Carbongarnen oder Carbonrovings zur Ausbildung einer Carbonstruktur und zur Funktionalisierung für eine Verwendung in einer Vorrichtung zur Daten- und/oder Energieübertragung über elektrische Leitungen. Ein weiterer Aspekt der Erfindung bezieht sich auf eine Verwendung einer Bewehrung aus leitfähigen Filamenten, sodass eine Datenübertragung und/oder eine Energieübertragung ermöglicht werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Daten- und/oder Energieübertragung über wenigstens eine elektrische Leitung, die im Inneren eines ein Matrixmaterial umfassenden Bauteils angeordnet ist, und weiterhin ein bewehrtes Bauteil, ein Bauwerk sowie ein Verfahren zur Übertragung von Daten und/oder Energie. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Auswahlkonfiguration von Carbonfasern, Carbongarnen oder Carbonrovings zur Funktionalisierung für eine Verwendung in einer Vorrichtung zur Daten- und/oder Energieübertragung über wenigstens eine elektrische Leitung, die im Inneren eines Bauteils angeordnet ist. Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist zudem eine Verwendung einer Bewehrung, die zumindest teilweise aus leitfähigen Filamenten oder anderen langgestreckten textilen Fasern besteht. Insbesondere ist die Funktionalisierung von Carbonrovings zur Übertragung von Daten- und Energie in Gebäuden, Infrastrukturbauwerken und anderen baulichen Anlagen vorgesehen.

[0002] Bisher werden für die Installation von Daten- und Energieleitungen getrennte und nachträglich installierte Kabel, meist auf Kupferbasis, verwendet. Das bedeutet, eine Doppelnutzung im Sinne der Statik sowie der Digitalisierung der bereits Verwendung findenden und zumeist elektrisch leitfähigen Bewehrung, ganz gleich ob Stahl- oder Textilarmierung mit beispielsweise Carbonrovings, findet nicht statt. Die Stahlbewehrung eignet sich, anders als eingesetzte Carbonrovings, nur sehr begrenzt als direkter ungeschirmter Datenleiter in einem Betonverbund. Dafür müsste entweder eine zusätzliche, als Strom- und Datenleiter ausgeführte Carbongarnstruktur hinzugefügt werden oder eine kombinierte Mischstruktur geschaffen werden. Carbongarn besteht ebenso wie ein Carbonroving aus einer Vielzahl von Carbonfasern, den Einzelfilamenten. Sofern nachfolgend nur das bevorzugt eingesetzte Carbongarn genannt ist, so ist dennoch auch eine Verwendung von Carbonfasern oder Carbonrovings vorgesehen. Carbonfasern, Carbongarn oder Carbonrovings kommen beispielsweise auch in Fertigteilen bzw. Bauteilen mit organischer Matrix, beispielsweise faserverstärktem Kunstharz, zum Einsatz.

[0003] Es sind aus dem Stand der Technik bereits Lösungen bekannt, bei denen eine weitergehende Nutzung von Carbonfasern, die als Bewehrung zum Einsatz kommen, und ihre Verwendung für elektrische Effekte vorgeschlagen wird. Die Druckschrift DE 10 2016 101 919 A1 hat eine Bewehrung und ein bewehrtes Bauteil oder Fertigteil, wie es nachfolgend auch genannt ist, zum Gegenstand, wobei die angebotene Lösung insbesondere auf die thermische und elektrische Energiespeicherung in tragenden Strukturen abzielt. Eine für den Fachmann nacharbeitba-

re Lösung für eine Daten- bzw. Energieübertragung wird nicht angeboten.

[0004] Die Druckschrift DE 10 2016 118 711 A1 befasst sich konkreter mit einem Bauteil mit elektrisch leitfähiger Bewehrung. Die Bewehrung ist als ein Leiter verlegt und eine induktiv und/oder piezoelektrisch erzeugte Spannung ist in dem Leiter mittels Anschlusskontakten an dem Bauteil abgreifbar. Über die abgegriffene Spannung können ein Fahrzeugverkehr über das Bauteil und die Belastung des Bauteils überwacht oder elektrische Energie in geringerem Umfang für bestimmte Anwendungen erzeugt werden. Eine Lösung für eine Daten- bzw. Energieübertragung wird nicht angeboten.

[0005] Bauteile bzw. Fertigteile auf Basis einer mineralischen oder organischen Matrix, wie z. B. Carbon- oder Textilbetonbauteile oder auch Kunstharzbauteile, werden derzeit nicht- oder selbsttragend ausgeführt, jedoch immer ohne die Nutzung der elektrischen Leitfähigkeit der Bewehrungsfasern zur Daten- bzw. Energieübertragung vorzusehen. Die derzeitigen Lösungen sind somit nicht als ganzheitliches Bausystem mit integrierter digitaler Infrastruktur entwickelt. Bisher muss immer zusätzliches Material, beispielsweise Kupferkabel, als Aufputz- bzw. Unterputzinstallation in das Bauteil eingebracht werden. Im Bauwesen müssen dafür beispielsweise bei der Unterputzinstallation Kabelschlitze eingeschnitten werden, was einen erheblichen zusätzlichen Aufwand darstellt. Das Einlassen ungeschirmter, nicht ummantelter Kupferstrukturen zur Daten- oder Energieversorgung kann zur Korrosion der Kabel führen. Damit steigt das Risiko, dass gefährliche Kriechströme bis hin zum Kurzschluss bei feuchten Bauteilstrukturen entstehen.

[0006] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die verbesserte und vereinfachte Übertragung von Daten und Energie, v. a. in Form von Kleinspannung, in bewehrten bzw. faserverstärkten Bauteilen vorzuschlagen.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung zur Daten- und/oder Energieübertragung über wenigstens eine elektrische Leitung bzw. einen Leiter, die bzw. der im Inneren eines ein Matrixmaterial umfassenden Bauteils angeordnet ist. Erfindungsgemäß liegt die elektrische Leitung, die bevorzugt als eine Nachbildung kabelähnlicher Strukturen vorgesehen ist, aus elektrisch leitfähigen textilen Garnen, Fasern oder Rovings im Inneren des Bauteils vor. Sie ist mit der das Bauteil ausbildenden mineralischen Matrix, z. B. Beton, oder der organischen Matrix fest vergossen. Als organische Matrices können z. B. Kunststoffe, Bitumen oder Holz, vorgesehen werden. Dadurch wird eine gezielte Funktionalisierung dieser Strukturen bei gleichzeitig niedrigem Gewicht und hoher Korrosionsbeständigkeit ermöglicht.

Dies bringt einen erheblichen Mehrwert durch eine deutlich vereinfachte Handhabung während der Endmontage solcher Strukturen. Die Nutzung der sensorischen Eigenschaften einer so bereits integrierten Struktur bringt ebenfalls einen deutlichen Mehrwert gegenüber einer nachträglichen Sensorinstallation und einer häufig damit verbundenen Struktur-schädigung oder -schwächung.

[0008] Weitere wesentliche Vorteile liegen in der elektrotechnischen Funktionalität. Beispielsweise arbeiten die üblichen und bekannten Lösungen im Bauwesen im Bereich von 230 Volt. Damit gehen zusätzliche Risiken bei Beschädigungen oder Kriechströmen und erhöhte Preise der Installationstechnik einher. Ein großer Teil von Geräten erfordert keine hohe Spannung, sondern ist bereits mit Kleinspannung betreibbar. Genau in diesem Bereich ist der Einsatz eines leitfähigen textilen Garns, von Fasern oder Rovings in besonders hohem Maße vorteilhaft, wie sich überraschend zeigte.

[0009] Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, wenn als textile Fasern, Garne oder Rovings Carbonfasern, Carbongarne oder Carbonrovings vorgesehen sind. Bereits durch den Einsatz von z. B. Textilbeton können bis zu 50 % der Ressourcen bei Herstellung und Transport eingespart werden. Durch die gezielte Funktionalisierung und Nutzung der Carbonrovings als Daten- und Energieleiter für Anwendungen im Kleinspannungsbereich können so zusätzliche Ressourcen aus dem Bereich der Installationstechnik in deutlichem Umfang eingespart werden.

[0010] Die Verwendung von Carbonfasern weist jedoch einige Besonderheiten auf, die berücksichtigt werden müssen. Die Carbonfaser besitzt einen im Vergleich zu Kupfer viel höheren Widerstand. Das bedeutet, dass der Leiterquerschnitt durch die Parallelschaltung einer größeren Anzahl an Fasern erhöht werden muss, um den elektrischen Widerstand zu verkleinern. Mit Fasern, die einen spezifischen Widerstand von 3 Ohm x Quadratmillimeter pro Meter aufweisen, wird ein elektrischer Widerstand erreicht, der um den Faktor **100** über dem von Kupfer liegt. Um also eine übliche Kabelstruktur adäquat durch Carbonfasern zu ersetzen, würde ein Leiterquerschnitt von 150 mm² benötigt, um dieselbe Stromtragfähigkeit zu erreichen. Damit ergibt sich ein Durchmesser von ca. 14 mm. In vielen spezialisierten Anwendungsgebieten ist eine höhere Stromtragfähigkeit jedoch gar nicht notwendig, wie sich überraschend gezeigt hat, sodass neben den besonderen Vorteilen, wie nachfolgend näher ausgeführt, bislang bestehende Hindernisse für die erfindungsgemäße Verwendung sich als überwindbar erwiesen haben.

[0011] Sollten darüber hinaus in Zukunft einmal Fasern mit einem spezifischen Widerstand von ≤ 1 Ohm*mm²/m erhältlich sein, fällt die Leistungsbilanz-

betrachtung hinsichtlich des Preises in Bezug auf das Gewicht noch deutlicher zu Gunsten der Carbonfaser aus. Eine solche Entwicklung wird als möglich erachtet, da es sich bei den Carbonleitern um einen vollsynthetischen Werkstoff handelt.

[0012] Für eine weitreichende Funktionalität und zur Anpassung der Carbonfasern, Carbongarne oder Carbonrovings, nachfolgend auch als Carbonleiter bezeichnet, an die jeweils vorherrschenden Anforderungen werden diese mit definierten Leitungsparametern ausgestattet oder ausgewählt. Als diese Leitungsparameter kommen insbesondere in Betracht:

[0013] Spezifischer elektrischer Widerstand: Der für den jeweiligen Anwendungsfall notwendige spezifische elektrischer Widerstand der Carbonleiter wird durch Verwendung spezieller Carbongarne, die die erforderlichen elektrischen Leitungseigenschaften aufweisen, erreicht. Besonders bevorzugt sind niederohmige Carbonfasern mit einem spezifischen Widerstand kleiner gleich 3 Ohm*mm²/m je Meter vorgesehen.

[0014] Leitungsquerschnitt: Die Carbonfasern, insbesondere aber die Carbongarne oder Carbonrovings, werden mit definiertem, zuvor berechnetem anwendungsspezifischem Leitungsquerschnitt hergestellt. Dies kann auch durch Auswahl von Carbonfasern mit bestimmtem Durchmesser und einem daraus gefertigten Garn oder Roving mit einer bestimmten Anzahl von Fasern erfolgen.

[0015] Abstände zwischen Hin- und Rückleitern: Die Festlegung definierter Abstände zwischen den Carbonleitern, insbesondere den bevorzugt als Carbongarne ausgeführten Hin- und Rückleitern, erfolgt zur Definierung notwendiger Kabelkapazitäten.

[0016] Isoliervermögen: Eine Einstellung des notwendigen Isoliervermögens zwischen Hin- und Rückleiter sowie der umgebenden mineralischen oder organischen Matrix erfolgt bevorzugt durch Beschichtung oder Tränkung des Carbongarns bzw. Carbonrovings mit einem geeigneten Dielektrikum unter Berücksichtigung der sich damit ergebenden Permeabilität und Permittivität.

[0017] Vorbereitung zur Kontaktierung: Die Vorbereitung der Carbongarne oder -rovings ist zur Kontaktierung einzelner Segmente bzw. Leiter, die in der mineralischen oder organischen Matrix eingebettet sind, erforderlich, um eine Kontaktierung für die Kopplung mit anzuschließenden Nutzelementen, wie z. B. Schalter, Taster, Sensoren und Aktoren, zu ermöglichen. Dadurch wird eine beliebig wiederholbare und sichere Kontaktierung beliebiger Nutzelemente entlang der informationstragenden Carbongarne oder Carbonrovings, beispielsweise durch Schneidklemm- und Durchdringungstechnik, ermöglicht.

[0018] Vorteilhafterweise erfolgt weiterhin in einer Ausführungsform eine Beschichtung des Carbonfarns, um die mechanische Aktivierung alle Filamente durch Anbindung an die Matrix sicherzustellen, so dass das Carbongarn statische Aufgaben übernehmen kann. Es ist zur optimalen Lastabtragung erforderlich, dass eine möglichst große Vielzahl von Carbonfasern unmittelbar an das Matrixmaterial angebunden ist, damit sich die in ein Bauteil eingetragene Last entsprechend auf die Fasern möglichst gleichmäßig verteilen kann.

[0019] Eine vorteilhafte Anwendung der vorliegenden Erfindung sieht eine Datenübertragung insbesondere zwischen den elektrischen Kontakten vor, bevorzugt über ein Bussystem, wobei ein digitales Trägermodulationsverfahren eingesetzt wird. Ein Trägersignal, oder kurz Träger (engl. carrier) genannt, ist eine sich periodisch ändernde technische Größe (z. B. eine Wechselspannung oder eine Funkwelle) mit konstanten charakteristischen Parametern (z. B. Frequenz, Amplitude, Tastgrad, Phasenlage). Träger kommen zur Anwendung beim Transport eines Nutzsignals mittels eines Trägerfrequenzverfahren; dabei wird das Nutzsignal in einem oder mehreren der genannten Parameter des Trägersignals abgebildet (moduliert). Beim Empfänger ist das Trägersignal das Bezugssignal zur Demodulation eines zuvor modulierten Trägers. Mit dessen Hilfe wird das Nutzsignal vom Trägersignal getrennt.

[0020] Die Datenübertragung über Carbonleiter, insbesondere Carbonfasern, Carbongarn oder Carbonrovings, führt zu einer geringeren elektromagnetischen Abstrahlung und ebenso zu einer Verringerung der Einkopplung externer Störsignale, wie sich überraschend gezeigt hat. Folge dessen ist somit eine erhebliche Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses (SNR) bei der Datenübertragung. Damit kann folglich die elektromagnetische Abstrahlung in Räumen nahezu vermieden sowie die Störanfälligkeit der Systeme stark verbessert werden. Ein herausragender Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt somit in der ab- und einstrahldämpfenden Wirkung. Dieser Effekt zeigt sich besonders deutlich, wenn nach einer bevorzugten Ausführungsform die Carbonfasern als Medium zur frequenzmodulierten Datenübertragung vorgesehen sind. Nicht zuletzt wegen des vorgenannten Effekts erweist sich die Verwendung von Carbonleitern auch im Sinne ein herkömmliches Kabel als vorteilhaft, unabhängig von ihrem Einbau in eine Matrixstruktur oder von einer gleichzeitigen Verwendung als Bewehrung. Sofern die Carbonleiter als Verstärkungsfasern bzw. Bewehrung genutzt werden, ist neben dem Bauwesen auch ein Einsatz in anderen Industrien vorgesehen, wie im Automobilbau, im Flugzeugbau oder im Maschinenbau in den dort verwendeten Bauteilen. Dies betrifft gleichermaßen die unten beschriebenen Effekte und Anwendungen.

[0021] Als ein weiterer vorteilhafter Einsatz der Carbonfasern im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden diese genutzt, um eine Veränderung des physischen Informationskanals festzustellen. Eine solche Veränderung kann beispielsweise durch Anschalten oder Entfernen von Komponenten, durch Störungen von außen oder durch direkte Veränderungen an dem Carbonleiter, wie z. B. Quetschung oder Stauchung, hervorgerufen werden. Im Ergebnis ist dies als eine Veränderung des physischen Informationskanal zu detektieren, indem zu einer frequenzmodulierten Datenübertragung eine vom Signal-Rausch-Verhältnis-(SNR)-abhängige Datenträgerverteilung vorgenommen wird. Eine Veränderung des Übertragungskanals führt immer zu einer Veränderung des SNR im einzelnen eingesetzten Informationsträger. Dadurch ergibt sich die Eigenschaft einer von der Topologie abhängigen Trägerverteilung. Diese Eigenschaft kann genutzt werden, um die oben genannte Veränderung des physischen Informationskanals zu detektieren und ermöglicht eine Funktion als sensorisches Element in unterschiedlichsten Anwendungsgebieten. Eine Detektion von Strukturveränderungen in leitenden Elementen kann helfen, Alterung und Verschleiß oder unzulässige Zugriffe festzustellen und somit die physische Zugriffssicherheit verschiedenster Applikationen zu erhöhen. Als Vorteile sind eine verbesserte Sicherheit und die Möglichkeit eines Monitoring zu nennen.

[0022] Im dem Zusammenhang ist es nach der Erfindung auch vorgesehen, die die Carbonleiter, z. B. die Carbonfasern bzw. den Carbonroving, als sensorisches Element in Bezug auf Detektierung von Kapazitäts- und Widerstandsänderungen bei Berührung oder Verformung einzusetzen. Damit können Steuerungssignale u. a. auch durch Multi-Touch-Gesten gänzlich ohne Schalter in Bauteile eingebracht und durch die ebenfalls mögliche Kontaktierung entsprechend weitergeleitet werden.

[0023] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform sieht vor, die Carbonfasern, das Carbongarn oder den Carbonroving als einen Aktor auszugestalten. Dazu werden bevorzugt die Carbonfasern, das Carbongarn oder der Carbonroving als Wicklung um einen ferromagnetischen Metallkern, insbesondere einen weichmagnetischen Eisenkern, angeordnet, welcher in der mineralischen oder organischen Matrix beweglich angeordnet ist. Möglich wären damit Schaltungen bzw. Bewegungen von z. B. Schließern oder elektrischen Schaltern bei vollständiger galvanischer Entkopplung.

[0024] Um die oben bereits erwähnte elektrische Kontaktierung der Carbonleiter zu erreichen, sind aus dem Bauteil nach außen reichende und von außerhalb des Bauteils zugängliche elektrische Kontakte vorgesehen und mit den Carbonleitern zumindest elektrisch verbunden.

[0025] Die als Carbonleiter dienenden Carbonfasern, -garne oder -rovings sind insbesondere auch als Bewehrung für ein Bauteil, umfassend das Matrixmaterial, vorgesehen. Da die Bauteile, die eine mineralische Matrix, wie z. B. bei Textilbeton, aufweisen, auch bei extremen Anforderungen und Expositionsklassen keine Bewehrungskorrosion im Laufe ihrer Lebensdauer aufweisen, können so auch im widrigsten Umfeld die Langlebigkeit und dauerhafte Funktionsfähigkeit von Anlagen der Kleinspannungsinstallation deutlich gesteigert werden.

[0026] Damit soll es möglich sein, optional auch die statische Funktion der Carbonfasern, des Carbongarne oder des Carbonrovings nutzbar zu machen. Dies ermöglicht schließlich eine Dreifachnutzung des Garns. Damit könnte in bisher unvergleichlicher Weise extrem strukturintegriert konstruiert werden, v. a. mit einer Leiterstruktur, die deutlich leichter ist. Denn die Dichte von Carbongarn beträgt ca. 1800 kg/m³, vergleichbare Daten- oder Energieleiter aus Kupfer ca. 9000 kg/m³.

[0027] Es erfolgt eine Kombination verschiedener Vorteile von Carbonrovings (Zugfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Gewicht usw.). So kann in Konstruktionselementen und anderen Bauteilen die statisch wirksame Funktion der Carbonstruktur auch unter schwierigen Umgebungsbedingungen (bspw. Feuchtigkeit, Vermeidung von magnetischen Strukturen, usw.) überlagert werden mit der Nutzung der Carbonrovings zum Übertragen von Daten und/oder Energie.

[0028] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Bauteil, umfassend eine funktionell aufgewertete Bewehrung, wie zuvor beschrieben. Das Bauteil ist beispielsweise als industriell vorgefertigtes Wandelement für ein Gebäude ausgebildet oder auch anderen Bereichen als dem Bauwesen, z. B. im Fahrzeug- oder Maschinenbau.

[0029] Die Erfindung wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren zur Auswahlkonfiguration von Carbonleitern, z. B. Carbonrovings, zur Funktionalisierung, wie sie oben beschrieben wurde. Erfindungsgemäß wird eine Konfiguration bestimmter Parameter vorgenommen, so dass die gewünschte Funktionalisierung für den jeweiligen Einsatzzweck des Carbonleiters erreicht wird, wobei Variationen der folgenden Eigenschaften des carbonbasierten Grundmaterials, z. B. Carbongarn, zum Tragen kommen:

[0030] Elektrische Eigenschaften:

- Fasertyp,
- spezifischer elektrischer Widerstand,
- Durchmesser der Einzelfilamente und der sich daraus ergebenden Faserbündel,
- Länge der Struktur (die Länge des sich ergebenden Einzelleiters),
- Abstand der Leitungen bzw. Leiter (spezifiziert letztlich die Kabelkapazität), Kreuzungspunkte (ausschlaggebend für eine unerwünschte Fremdeinkopplung bzw. ein Übersprechen),
- Stromtragfähigkeit (ergibt sich aus Widerstand und Temperaturkoeffizienten der erstellten Struktur);

[0031] Volumenanteil pro Struktureinheit:

- Anzahl Fasern,
- Lage der Fasern zueinander;

[0032] Beschichtung von Faserverbänden:

- Garn eingewebt in vorgefertigte Strukturen wie Trägerfolien oder wasserlösliche Fixierstrukturen (beispielsweise ein Stoffband) zur besseren maschinellen Handhabbarkeit und industriellen Verarbeitung, um die vorher festgelegten Kabeleigenschaften der zu verwendenden Garne bei der Einbringung in den Beton zu garantieren,
- mit Faden umgarnt als isolierende und strukturfestigende Ummantelung,
- Gummibeschichtung als isolierende und strukturfestigende Ummantelung,
- Epoxidharz (Einbettung/Verbund),
- besandet (verbesserte Kraftübertragung in die Matrix),
- feuerbeständige Beschichtung;

[0033] Matrix-Einbettung:

- in Bauteilebene (mineralische oder organische Matrix wie Beton, Innenputz, Estrich, Kunstharz, Bitumen, Holz usw.) oder in funktionalisierte Garne bzw. Leiter innerhalb eines faserverstärkten Bewehrungsstabes,
- in Mantelebene (Ummantelung der Rovingbündel: verschiedene Materialien sind vorgesehen, insbesondere thermoplastische Materialien wie PC, TPU, PUR, PET, W-PVC, H-PVC, EVOH, EVA, ABS, HDPE, LDPE, MDPE, LLDPE, TPE, TPV, PP, PS, PA, PMMA, POM, PEEK, Schmelzkleber, Haftvermittler, glasfaserverstärkte Materialien, kreidegefüllte Polyolefine, Fluorpolymere oder auch Gewebesläuche aus Folie, Fiberglas, Siliziumfasern);
- in Kernebene (verbindende Matrix zwischen den Garnen): verschiedene Materialien sind vorgesehen, insbesondere leitende Beschichtungen, ausgeführt als Coatings, Kupferbeschichtungen, elektrisch leitende Dispensierungsmaterialien, elektrisch leitende Kleber und elektrisch

leitende Dichtmassen. Dies kann unter Umständen notwendig sein, um die Leitungsparameter gezielt zu beeinflussen, eine bessere Beständigkeit und/oder eine bessere Verarbeit- und Handhabbarkeit zu erzielen.

[0034] Je nach gewünschter Zielapplikation sind als Grundanforderungen zumindest die geometrischen Abmessungen der Struktur und die an die Geometrie der gesamten Carbonstruktur anzuschließenden elektrischen Teilnehmer (Input, Output) der Anwendung festzulegen. Anhand dieser Einordnung erfolgt dann nach definierten Grundprinzipien die Klassifizierung der notwendigen elektrischen Kontaktierung der Carbongarnstruktur.

[0035] Die Konfiguration der Carbonrovings bzw. der Carboneigenschaften basiert auf einem Auswahlalgorithmus als wichtige Grundlage für die erfindungsgemäße Funktionalisierung. Hierbei werden Entscheidungen zur Ausbildung der jeweiligen Carbonstruktur, unter Berücksichtigung von z. B. Materialeigenschaften, Materialkombination, Konstruktion usw., in Beziehung gesetzt. Dem künftigen Anwender der vorliegenden Erfindung wird mittels der Daten ermöglicht, das Produkt so auszuwählen, dass die gewünschte Funktion in die jeweilige Anwendung, z. B. in ein Konstruktionselement, integriert wird. Um vor diesem Hintergrund die komplexen Datenverknüpfungen und Auswahlentscheidungen nutzerfreundlich zu gestalten, wird bevorzugt oder alternativ eine rechnergestützte Produktparametrisierung vorgesehen.

[0036] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur gleichzeitigen Übertragung von Daten und Energie. Basierend auf den passend konfigurierten Eigenschaften kann die Carbonfaser somit zur Durchführung des Verfahrens kontrolliert funktionalisiert werden und in verschiedenste Strukturen, insbesondere mineralische oder organische Matrices, integriert werden und sich somit ein essentieller Mehrwert für den Einsatz dieses Werkstoffes, Carbon in Form der Carbonleiter, ergeben. Die Kombination der Daten- und Energieübertragung mittels Carbonleiter, z. B. Carbongarnen, ermöglicht einige integrierte Funktionalitäten.

[0037] Erfindungsgemäß ist weiterhin eine Verwendung einer Bewehrung aus leitfähigen Filamenten zu einer Datenübertragung und/oder eine Energieübertragung, wie oben näher erläutert. Damit wird eine synergetische Dreifachnutzung erreicht. Die vorliegende Erfindung kann damit viele der oben im Stand der Technik benannten Nachteile vermeiden und alle Komponenten für die Nutzbarmachung z. B. der Carbonrovings als Bewehrungselement mit gleichzeitiger Daten- und Energieleitung, insbesondere mit Niederspannungsleiterfunktionalität, bereitstellen.

[0038] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es insbesondere, für viele Anwendungsfälle geeignete Carbonleiterstrukturen zu entwickeln, die im vordefinierten Rahmen sowohl Daten als auch Elektroenergie, wie z. B. Kleinspannung, durch ein und denselben Carbonleiter übertragen können und dabei gleichzeitig den steigenden ökologischen Anforderungen entsprechen. Dadurch kann dem Carbonleiter eine Dreifachfunktion als Daten- und Energieleiter für die Gebäudeautomation sowie als Bewehrung der Baukonstruktion zugeordnet werden. Die erfindungsgemäßen Bauteile sollen kostengünstig und durch automatisierte Verfahren fertigbar sein sowie zu keiner weiteren nachträglichen Materialeinbringung, wie sie durch zusätzliche Verkabelung nötig wird, und einer damit verbundenen Strukturschwächung, z. B. durch Kabelschlitzung, führen oder gar in eine Verdickung der Baukonstruktionen münden.

[0039] Bevorzugt erfolgt eine gezielte Nachbildung kabelähnlicher Strukturen aus Carbonrovings in der Bewehrungsstruktur mit definierten Leitungsparametern wie:

- spez. elektrischer Widerstand durch Verwendung spezieller Carbongarne,
- Herstellung definierter und vorher berechneter anwendungsspezifischer Leitungsquerschnitte,
- Festlegung definierter Abstände der als Garne ausgeführten Hin- und Rückleiter zur Definierung notwendiger Kabelkapazitäten,
- Erstellung des notwendigen Isoliervermögens zwischen Hin- und Rückleiter sowie der umgebenden Struktur (mineralische Matrix) durch Beschichtung bzw. Tränkung des Carbonrovings mit einem geeigneten Dielektrikum unter Berücksichtigung der sich damit ergebenden Permeabilität und Permittivität,
- Vorbereitung der Carbonrovings zur Kontaktierung einzelner Segmente aus mineralischer Matrix bzw. Kontaktierung anzuschließender Nutzelemente (Schalter, Taster, Sensoren und Aktoren) durch gezielte Galvanisierung der Rovingsenden,
- Nutzbarmachung der Schneidklemm- und Durchdringungstechnik zur beliebig wiederholbaren und sicheren Kontaktierung beliebiger Nutzelemente entlang der informationstragenden Carbonrovings,
- Festlegen, ob das Carbongarn statische Aufgaben übernehmen soll, hierzu
- Definition der Beschichtung des Carbongarns, um die Aktivierung alle Filamente sicherzustellen.

[0040] Die so erstellten funktionalisierten Carbonleiter, z. B. Carbongarne oder auch Rovings, zur

Daten- und Energieübertragung werden dann z. B. in den automatisierten Herstellungsprozess oder auf der Baustelle integriert und mit Strukturen aus rein tragenden Garnen gemischt. Dabei kann die Ausgestaltung entweder nach kundenindividualisierbarer Funktionalität des Bauteils oder einem universell einsetzbarem Bauteil als Massenprodukt entschieden werden. Bereits während des Herstellungsprozesses wird ein Koppelmodul, eine Schnittstelle, zur Anbindung an das oder die nächsten Segmente z. B. in ein Betonwandsegment, welches an ein weiteres Betonwandsegment anschließt, integriert. Damit soll sichergestellt werden, dass immer eine definierte Verbindung unterschiedlichster Segmente hergestellt werden kann. Durch die Nutzung von Schneidklemm- und Durchdringungstechnik wird es im Nachgang ermöglicht, z. B. Aktorik (wie einfache LED-Module) und Sensorik an frei wählbaren Positionen an einen digitalen Datenbus anzukoppeln.

[0041] Die herausragenden Vorzüge der vorliegenden Erfindung bestehen in der Dreifachnutzung von Carbonleitern zur Verwendung als Bewehrungselement sowie als Daten- und/oder Energieübertragungsmedium in Segmenten, basierend auf einer mineralischen oder organischen Matrix, wie z. B. Beton. Gerade auch die Kombination aus Datenübertragung und Energieübertragung stellt eine vorteilhafte Besonderheit der Erfindung dar. Synergetisch können also individuell die Bewehrungsfunktion, die Funktion der Datenübertragung und/oder die Energieübertragung kombiniert werden. Als besonders vorteilhaft hat sich eine Kombination von mindestens zwei der vorgenannten drei Funktionen erwiesen.

[0042] All das kann zukünftig automatisiert auf einer Fertigteilmontageanlage hergestellt werden. Die gefertigten und somit bereits vollständig verkabelten Einzelbauteile können auf der Baustelle zu einem Bausystem zusammengefügt werden. Damit können komplett mit digitaler Infrastruktur (Smart-Home) ausgestattete Bauwerke durch das vorliegende System realisiert werden.

[0043] Die bereits als Stützstruktur in Bauteilen mit mineralischer Matrix, z. B. Textilbeton, eingesetzten Carbonleiter werden gleichzeitig als Medium für die Übertragung von Daten und benötigter Versorgungsenergie im Niederspannungsbereich, z. B. für die Hausautomation in Gebäuden und Infrastrukturbauwerken, genutzt. Dafür soll ein frequenzmodulierter Kommunikationsbus als Grundlage dienen, um über leitfähige und in den Übertragungseigenschaften angepasste Carbonrovings z. B. die Teilnehmer einer Hausautomation, unter dem Stichwort Smart-Home, miteinander zu vernetzen und gleichzeitig mit Energie zu versorgen.

[0044] Die vorliegende Erfindung kombiniert die Vorteile von Carbonleitern, insbesondere Carbonrovings

und anderen Formen von Carbonfasern, in Bezug auf die Verwendung im Bereich der Statik und der Nutzung als Daten- und/oder Energieübertragungsmedium. Als Ergebnis steht ein flexibel einsetzbares Bewehrungssystem für Innen- und Außenbauteile, welches den Ansprüchen des Marktes in höchstem Maß gerecht wird, weil damit sowohl eine Statik- und Gewichtsverbesserung sowie die Nutzung als Daten- und Energieübertragungselement im gleichen System umgesetzt werden können. Zusätzlich soll bereits bei z. B. der Betonbauteilherstellung erstmalig über die Verbindung von Carbonrovings mit der bereits beschriebenen sensorischen Eigenschaft der eingesetzten frequenzmodulierten Übertragungstechnik ein Schutz vor ungewolltem externen Eingriff in die digitale Datenübertragungsstruktur integriert werden.

[0045] Die vorliegende Erfindung kann viele der Nachteile des Stands der Technik beheben und alle Komponenten für die Nutzarmachung der Carbonrovings als Bewehrungselement mit gleichzeitiger Daten- und Niederspannungsleiterfunktionalität bereitstellen.

[0046] Es ergeben sich damit erhebliche planungstechnische Vorteile sowie mehr Sicherheit und Reproduzierbarkeit der Einzelsegmente durch Vermeidung nachträglicher Installationsschritte durch ausführende Gewerke, aber auch deutliche Gewichtsreduzierungen der vollständig vorverkabelten Segmente aus mineralischer Matrix, wie z. B. Textilbeton, gegenüber Alternativen auf Kupferbasis. Denn die Erfindung ermöglicht den Aufbau von Bauteilen mit deutlich weniger Ressourcen, da die bereits eingesetzte Bewehrung zusätzlich als Daten- und Energieleiter verwendet wird. Dies führt zu der bereits erwähnten Gewichts- und Installationsersparnis. Durch den Einsatz einer automatisierten industriellen Fertigung ergibt sich hier eine vereinfachte Smart-Home-Vorinstallation von Sensorik und Aktorik, wie am Beispiel der Integration von Schaltern, Sensoren und Lichtelementen in Bauteilsegmente erkennbar. Als positiver Nebeneffekt kann zusätzlich die Eigenschaft einer verbesserten elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) und einer geringeren Ab- bzw. Einstrahlung bei Verwendung einer hochfrequenten Datenübertragung über die textilen Carbonleiter, insbesondere die Carbonrovings, -fasern oder -garne, im Vergleich zur Kupferinstallation gesehen werden.

[0047] Das Anwendungsfeld ist durch die mögliche Integration in verschiedene Matrices offen. Im Fall der Betonbauteilherstellung ist der Einsatz der erfindungsgemäßen Lösung besonders sinnvoll. Bei Kombination von Carbonstruktur mit Beton erhält der Anwender ein flexibel einsetzbares und zugleich multifunktionales Bewehrungssystem für Innen- und Außenbauteile, welches den Ansprüchen des Marktes in höchstem Maß gerecht wird. Damit können so-

wohl eine Statik- und Gewichtsverbesserung sowie die Nutzung als Daten- und Energieübertragungselement im gleichen System umgesetzt und damit auch der Installationsaufwand deutlich verringert werden. Erfindungsgemäß wird über die Verbindung von Carbonrovings mit den sensorischen Eigenschaften einer frequenzmodulierten Übertragungstechnik ein Schutz vor ungewolltem externem Eingriff in die digitale Datenübertragungsstruktur integriert. Nachträgliche unerwünschte Bauteilveränderungen lassen sich somit in Echtzeit auswerten. Neben Betonbauteilen findet die vorliegende Erfindung gleichermaßen Einsatz anderen Bauteilen, z. B. aus faserverstärktem Kunststoff, wie sie in vielen Gebieten, als Beispiele seien der Fahrzeug- und der Maschinenbau genannt, zum Einsatz kommen.

[0048] Weitere Vorteile liegen darin, dass ein mit Wechselspannung beaufschlagter Carbonleiter nicht oder deutlich geringer als andere in Frage kommende Materialien elektromagnetisch abstrahlt und seinerseits kaum Störstrahlung absorbiert. Dadurch wird auch das Problem des Übersprechens von benachbarten Leitungen vermindert.

[0049] Mit einer automatisierten Herstellung von Betonbauteilen auf einer Fertigteilmulauflage können die gefertigten und somit bereits vollständig verkabelten Einzelbauteile und Komponenten während der Endmontage zu einem bereits funktionsfähigen Bausystem zusammengefügt werden. Durch die vorliegende Erfindung können mit bereits digital ausgestatteter Infrastruktur (z. B. Smart-Home) vorgerüstete Bauteile schneller und einfacher zu bereits komplett elektrisch erschlossenen Bausystemen führen.

[0050] Denn die Erfindung ermöglicht z. B. im Bauwesen den Aufbau von Bauteilen mit deutlich weniger Ressourcen, da die bereits eingesetzte Bewehrung zusätzlich als Daten- und Energieleiter verwendet wird. Dies führt zu der bereits erwähnten Gewichts- und Installationsersparnis. Durch den Einsatz einer automatisierten industriellen Fertigung ergibt sich hier eine vereinfachte Smart-Home Vorinstallation von Sensorik und Aktorik (Beispiel Integration von Schaltern, Sensoren und Lichtelementen in Bauteile wie Fertigteilesegmente). Als positiver Nebeneffekt kann zusätzlich die zuvor erwähnte Eigenschaft einer verbesserten EMV und einer geringeren Ab-/Einstrahlung bei Verwendung einer hochfrequenten Datenübertragung über die textilen Carbonleiter im Vergleich zur Kupferinstallation gesehen werden.

[0051] Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsbeispiele für unterschiedliche Anwendungen mit genauen Dimensionen beschrieben.

Datenübertragung via Carbonfaser:

[0052] Es werden Fasern mit einem spezifischen Widerstand von $3 \text{ Ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ und einem Leiterquerschnitt von 20 mm^2 (entspricht einem Durchmesser des Faserbündels von 5 mm - 255.000 Einzelfasern = 42×6.000 er Garne) eingesetzt. Bei 5 V Signalspannung und 130 mA Sendestrom entsteht bei 25 m Leitungslänge am Ende ein Spannungsabfall von ca. 1 V (entsprechen bei 10 V Sendepiegel: 9 V Empfangspegel). Das bedeutet, es kommt ein Signal mit nur noch 4 V an, unproblematisch bei einer Punkt-zu-Punkt Verbindung.

Energieübertragung via Carbonfaser:

[0053] Es werden Fasern mit einem spezifischen Widerstand von $3 \text{ Ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (Leiterquerschnitt 40 mm^2 , einem Durchmesser des Faserbündels von 7 mm , was 510.000 Einzelfasern = ca. 85×6.000 er Garne entspricht, eingesetzt. Bei 30 V Versorgungsspannung und einer Leistungsaufnahme von $2,5 \text{ A}$ entsteht bei 25 m Leitungslänge am Ende ein Spannungsabfall von ca. $9,4 \text{ V}$. Das bedeutet, es liegen am Leitungsende nur noch $20,62 \text{ V}$ an. Über die Leitung werden somit ca. $23,5 \text{ Watt}$ in Form von Wärme vernichtet.

[0054] Für größere Leistungen werden hier daher auch deutlich größere Querschnitte benötigt.

Daten- und Energieübertragung via Carbonfaser:

[0055] Es werden Fasern mit einem spezifischen Widerstand von $3 \text{ Ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, einem Leiterquerschnitt von 30 mm^2 (entspricht einem Durchmesser des Faserbündels von 6 mm - 380.000 Einzelfasern = ca. 63×6.000 er Garne) eingesetzt. Bei einem industriellen Bussystem mit 30 V Versorgungsspannung, einer angestrebten Leitungslänge von 50 m und einer minimal tolerierten Eingangsspannung der angeschlossenen Teilnehmer von 20 V ergibt sich ein maximaler Nennstrom von 1 A für die vorliegende Installation. Bei durchschnittlich $62,5 \text{ mA}$ Stromaufnahme jedes Teilnehmers ergibt sich ein Maximalausbau mit 16 Teilnehmern. Wird die Leitungslänge auf 25 m halbiert, kann man das System auch mit dem doppelten Strom (entspricht auch doppelter Anzahl Teilnehmer) belasten. Alternativ wird bei 50 m Länge der Querschnitt verdoppelt, kann dann auch mit dem doppelten Strom belastet werden.

Carbonfaser als Sensorelement:

[0056] Bei der Verwendung eines in entsprechender Weise in Schleifen bzw. Mäandern gelegten Carbonleiters als frequenzselektives Sensorelement sieht die Leistungsbilanz deutlich besser aus im Vergleich zur reinen Energieübertragung. Hier ist es recht unwahrscheinlich, dass große Leistungen über

das Sensorelement übertragen werden müssen. Hier sollen lediglich höhere Spannungen mit darauf modulierten Datenträgern bei Sendeströmen unter 100 mA realisiert werden. Bei der Verwendung des Carbonleiters als bzw. in einem resistiven bzw. kapazitiven Sensorelement werden nur geringe Ströme durch das Faserbündel geleitet um eine relative Änderung (Widerstand bzw. Kapazität) zu detektieren.

[0057] Bei der Verwendung des Carbonleiters als bzw. in einem Elektromagneten (oder umgekehrt als Stromerzeuger ergeben sich Möglichkeiten für weitere Anwendungen. So könnte z.B. bei Brücken ein Schwingungsdämpfer vorgesehen werden, der gleichzeitig die Energie für die Strukturüberwachung der Brücke erzeugt.

[0058] Der Carbonleiter kann als ein Grundelement für integriertes induktives Laden mittels Carbonrovings dienen. Ebenso ist eine Verwendung als in Beton integriertes elektromagnetisches Verschlusselement vorgesehen. Bei den Anwendungen ist die jeweils aufzubauende Struktur zu prüfen und in der Leistungsaufnahme in Bezug auf entstehende Wärmeenergie zu beschränken.

[0059] Anhand der Beschreibung von weiteren Ausführungsbeispielen und ihrer Darstellung in den zugehörigen Zeichnungen wird die Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: Kombinationsmöglichkeiten durch einen multifunktionalen Einsatz des Carbongarns in mineralischen oder organischen Matrices als Übersicht;

Fig. 2: ein Carbongelege in Netzstruktur (Gitterstruktur) nach dem Stand der Technik;

Fig. 3: ein Carbongelege in Netzstruktur (Gitterstruktur) mit Aufbau einer Carbonkabel-Struktur mit Einbindung in das Carbongelege;

Fig. 4: Darstellung eines Bauteilsegments mit integrierter Carbongarndatenstruktur inkl.

schematisch dargestellten Abgriffelementen;

Fig. 5: Aufbau einer Abgriffdose zur Integration in eine mineralische Matrix zur Verwendung der Schneid-Klemm- oder Durchdringungstechnik;

Fig. 6: Aufbau einer Carbonkabel-Struktur schematisch in Beton;

Fig. 7: Kontaktierung mittels über die Stirnseite in den Carbonleiter eingebrachten Dorn;

Fig. 8: Kontaktierung mittels über die Stirnseite in den Carbonleiter eingebrachten gewinkelten Dorn;

Fig. 9: Kontaktierung mittels über die Stirnseite in den Carbonleiter eingebrachten T-Dorn;

Fig. 10: Kontaktierung mittels Durchdringungstechnik;

Fig. 11: Kontaktierung mittels Schneid-Klemm-Technik;

Fig. 12: Anwendung als Sensorelement: kapazitiver Sensor;

Fig. 13: Anwendung zum Monitoring von Temperatur und Dehnung /Stauchung; und

Fig. 14: Anwendung als Aktor: integrierte Wicklung als Elektromagnet.

[0060] **Fig. 1** zeigt in einer Übersicht die Kombinationsmöglichkeiten durch einen multifunktionalen Einsatz des Carbonleiters, der beispielsweise als Carbonfaser oder ebenso als ein Carbonroving oder ein Carbongarn ausgeführt sein kann, in mineralischen oder organischen Matrices. Der Carbonleiter ist so ausgewählt oder mit solchen Eigenschaften ausgestattet, dass er zur Stromübertragung, zur Datenübertragung, als Sensorelement und/oder mit Trageigenschaften ausgestattet ist, d. h. auch als Bewehrung zum Einsatz kommt.

[0061] **Fig. 2** zeigt schematisch in einer Ausführungsform ein Carbongelege in Netzstruktur (Gitterstruktur) nach dem Stand der Technik, wie es als Bewehrung beispielsweise in Textilbeton zum Einsatz kommt.

[0062] Die Carbongarne **12**, ebenso können Fasern oder Rovings zum Einsatz kommen, sind netzartig übereinandergelegt und bevorzugt an den Kreuzungspunkten verbunden, sodass ein Gelege gebildet wird, oder die Carbongarne **12** werden verwebt. Es bilden sich Maschenöffnungen **5**, in die das Matrixmaterial beim Einsatz Carbongeleges **8** als Bewehrungsmatte eindringen kann. In ihrer Funktion der Carbonfasern **12** als Bewehrungsfasern, bzw. wenn sie als Carbongelege **8** eine Bewehrungsmatte ausbilden, nehmen die Carbongarne **12** Zuglasten auf, die in das textilbewehrte Bauteil bei dessen Einsatz eingetragen werden.

[0063] **Fig. 3** zeigt ein weiteres Gelege **10** auf Basis von Carbongarn **12**, das ebenso wie in **Fig. 2** in Netzstruktur (Gitterstruktur) ausgeführt ist. Zudem ist ein Aufbau einer Carbonkabel-Struktur mit Einbindung von Carbonleitern **22, 22'** mit Stoffummantelung als Dielektrikum in das Carbongelege **10** dargestellt. Die hier nicht näher bezeichnete Stoffummantelung dient der Isolierung, aber auch der Fixierung im hier ebenfalls nicht dargestellten Matrixmaterial. Damit wird ein funktionalisiertes Carbongarngelege **10** ausgebildet, wobei anstelle von Carbongarn **12** ebenso ein Roving oder in anderer Weise angeordnete Carbonfasern bzw. Einzelfilamente vorgesehen werden können.

[0064] Fig. 4 zeigt schematisch in einer Ausführungsform einen Ausschnitt eines Bauteils 6 mit integrierter Carbongelege 10, das vorliegend als eine Carbongarnstruktur ausgeführt ist, einschließlich schematisch dargestellter Abgriffelemente, hier ausgeführt als ein Leerdosenelement 40. Das Leerdosenelement 40 bleibt frei vom Matrixmaterial 30, das das Carbongelege 10 im Übrigen vollständig einschließt. Dadurch werden im Leerdosenelement 40 die isolierten Carbonleiter 22, 22' zugänglich und können dort elektrisch kontaktiert werden.

[0065] Fig. 5 zeigt schematisch in einer Ausführungsform einen Aufbau einer Abgriffdose zur Integration in eine mineralische Matrix, hier ausgeführt als Leerdosenelement 40, bevorzugt zur Verwendung der Schneid-Klemm- oder Durchdringungstechnik. Damit können auf einfache Weise auch isolierte Carbonleiter 22, 22', die Isolation bzw. das Dielektrikum hier beispielsweise ausgeführt als Stoffummantelung, kontaktiert werden.

[0066] Die Fig. 6a bis Fig. 6c zeigen einen Aufbau einer Carbonkabel-Struktur schematisch in Beton als mineralisches Matrixmaterial 30. Fig. 6a zeigt den Aufbau eines Carbonleiters 22, 22' aus dem Carbonleiter 20, 20' mit einer Stoffummantelung 21 als Dielektrikum, die den Carbonleiter 22, 22' vollständig und elektrisch isolierend umgibt. Die Fig. 6b und Fig. 6c zeigen eine Einbausituation in einem Bauteil 6 aus Matrixmaterial 30, beispielsweise Beton, jeweils in Schnittdarstellung in Ansicht von oben und von vorn.

[0067] Bei der Darstellung nach Fig. 6b sind die Carbonleiter 20, 20' unmittelbar in das Matrixmaterial 30 eingebunden und damit auch zur Lastabtragung geeignet. Allerdings müssen hierbei die elektrischen Eigenschaften des Matrixmaterials 30 beachtet werden, um elektrische Verluste zu vermeiden bzw. entsprechend zu berücksichtigen. Sofern als Matrixmaterial 30 beispielsweise Kunstharz, das eine geringe elektrische Leitfähigkeit aufweist und damit gut isoliert, vorgesehen ist, ist dies unproblematisch. Anders liegt die Sache bei Beton, insbesondere wenn dieser Nässe ausgesetzt sein und durchfeuchtet werden kann.

[0068] In Fig. 6c sind stoffummantelte, isolierte Carbonleiter 22, 22' (vergleiche Fig. 6a) dargestellt. Bei diesen stellt die elektrische Leitfähigkeit des Matrixmaterials 30 kein Problem dar, jedoch ist eine Verwendung als Bewehrungsmaterial erschwert, da eine unmittelbare Anbindung zwischen Carbongarn 20, 20' und Bewehrung 30 nicht problemlos möglich ist und die Isolierung 21 die Lastabtragung unterbrechen kann.

[0069] Fig. 7 zeigt schematisch eine Ausführungsform zur Kontaktierung mittels über die Stirnseite

des Leiters 20, 20' eingebrachten Dorns, eines Kontaktierungsdorns 50. Da die Kontaktierung über die Stirnseite des Carbongarns 20, 20' erfolgt, die bedingt durch den Abschnitt ohnehin keine Isolierung 21 aufweist, stellt die Isolierung 21 kein Hindernis dar. Hierbei kommt die axiale Durchdringungstechnik zum Einsatz. Bevorzugt besteht der Kontaktierungsdorns 50 aus Kupfer, der Carbonleiter 20, 20' aus Carbongarn 12, das seinerseits Carbonfasern 7 umfasst. Diese Materialangaben gelten gleichermaßen für die Darstellungen in den Fig. 8 bis Fig. 11.

[0070] Fig. 8 zeigt schematisch eine Ausführungsform zur elektrischen Kontaktierung des Carbonfasern 7 umfassenden Leiters 20, 20', der Carbonfasern 7 umfasst, mit Isolierung 21 mittels eines über die Stirnseite in radialer Richtung eingebrachten gewinkelten Dorns, eines gewinkelten Kontaktierungsdorns 51. Hierbei kommt ebenfalls die axiale Durchdringungstechnik zum Einsatz.

[0071] Fig. 9 zeigt schematisch eine Ausführungsform zur elektrischen Kontaktierung des Leiters 20, 20', der Carbonfasern 7 umfasst, mittels über die Stirnseite eingebrachten T-Dorns, eines T-förmigen Kontaktierungsdorns 52. Hierbei kommt die axiale Durchdringungstechnik gleichfalls zum Einsatz.

[0072] Fig. 10 zeigt schematisch eine Ausführungsform zur elektrischen Kontaktierung des Leiters 20, 20' mittels Durchdringungstechnik. Ein Kontaktierungskeil 53, der für die Durchdringung des Dielektrikums, der Stoffummantelung 21 geeignet ist, wird mit seiner Spitze 54 in radialer Richtung in den Carbonleiter 20, 20', beispielsweise aus Carbongarn 12 oder besonders vorteilhaft als Roving ausgeführt, eingedrückt und durchstößt dabei die Isolierung 21. Die Spitze 54 schiebt sich zwischen die Carbonfasern 7 und stellt damit einen leitenden Kontakt mit diesen hier. An den Kontaktierungskeil 53, der hierzu eine entsprechende abgewinkelte Lasche 55 aufweist, kann ein elektrischer Leiter angeschlossen und damit der elektrische Kontakt zum Carbonleiter 20, 20' hergestellt werden. Hierbei kommt die radiale Durchdringungstechnik zum Einsatz.

[0073] Fig. 11 zeigt schematisch eine Ausführungsform zur elektrischen Kontaktierung des Carbonleiters 20, 20' mittels Schneid-Klemm-Technik. Hierzu kommt ein Schneiddorn 56 zum Einsatz. Dieser weist Schneidkanten 57 auf, die beidseits auf den isolierten Carbonleiter 22, 22' mit Stoffummantelung 21 oder einer anderen Isolierung bzw. einem anderen Dielektrikum aufgeschoben werden. Dabei schneiden die Schneidkanten 57 das Dielektrikum, die Stoffummantelung 21, auf und erreichen die Carbonfasern 7 im Inneren, die den Carbonleiter 20, 20' bilden. Damit besteht ein direkter elektrischer Kontakt mit dem Carbonleiter 20, 20', der über den Schneiddorn 56 elektrisch kontaktiert werden kann. Hierbei kommt im Un-

terschied zur vorher beschriebenen Durchdringungstechnik die Schneidklemmtechnik zum Einsatz.

[0074] Fig. 12 zeigt schematisch eine Ausführungsform zur Anwendung des Carbonleiters **20, 20'** aus Carbongarn in einem Sensorelement **60**, insbesondere ausgeführt als ein kapazitiver Sensor. Hier wird der Carbonleiter **20, 20'** in entsprechender Weise in Mäandern verlegt und das Sensorelement **60** gebildet. Dieses ist geeignet zur Detektierung von Kapazitäts- und Widerstandsänderungen bei Berührung oder Verformung und kann z. B. für entsprechende Anwendungen im Gebäude eingesetzt werden. Damit können beispielsweise Steuerungssignale u. a. auch durch Multi-Touch-Gesten gänzlich ohne Schalter oder andere elektrische Bauelemente, die einem Verschleiß unterliegen, in Bauteile beispielsweise aus Beton als Matrixmaterial **30** eingebracht werden.

[0075] Bei der Verwendung als resistives oder kapazitives Sensorelement werden nur geringe Ströme durch das Faserbündel, insbesondere die Carbongarnlage **62**, die aus den Carbonleiter **20, 20'** gebildet wird, geleitet um eine relative Änderung, im Speziellen des Widerstands bzw. der Kapazität, zu detektieren. Die Auswertung der ermittelten Werte erfolgt in einer Auswerteeinheit **64**. Sensorische Eigenschaften einer so bereits in ein Bauteil **6** integrierten Struktur bringen ebenfalls einen deutlichen Mehrwert gegenüber einer nachträglichen Sensorinstallation und einer häufig damit verbundenen Strukturschädigung oder -schwächung.

[0076] Fig. 13 zeigt schematisch eine Ausführungsform zur Anwendung des Carbonleiters **20, 20'**, hier bevorzugt aus Carbongarn, mit dem Ziel, ein Monitoring von Temperatur und Dehnung bzw. Stauchung in dem Bauteil **6**, umfassend das Matrixmaterial **30**, zu erreichen, indem die elektrische Leitfähigkeit des Carbonleiters, der hier als Carbonlage **72** ausgeführt ist, überwacht wird. Hierzu ist eine Auswerteeinheit **74** vorgesehen. Diese ändert sich sowohl mit der Temperatur, als auch im Zuge der Längen- und Querschnittsänderung bei Dehnung oder Stauchung. Damit können geänderte Temperaturen, beispielsweise bei Ausbruch eines Brands, oder auch erhöhte Lasten auf das Bauteil **6**, wenn es in ein Gebäude eingebaut ist, festgestellt werden.

[0077] Fig. 14 zeigt schematisch eine Ausführungsform zur Anwendung eines weiteren Carbonleiters, hier im Beispiel aus Carbongarn, als Aktor **80**. Gezeigt ist eine in das Bauteil **6** integrierte elektromagnetische Wicklung **82**. Diese besteht aus einer Wicklung **82**, einem gewickelten Carbongarnkörper unter Einsatz von dem Carbonleiter, angeschlossen über eine elektrische Zuleitung **83**. Im Inneren der Wicklung **82** ist ein Kern **84** angeordnet, bevorzugt ausgeführt als eine bewegliche Struktur aus Weichei-

sen. Der Kern **84** kann beispielsweise mit einem elektrischen Schalter, zur Erzeugung von Schwingungen (behindertengerechte Signalisierung), einem Schloss oder einem anderen Bauelement für elektro-mechanische Anwendungen verbunden werden und beispielsweise entsprechende Schaltvorgänge auslösen. Die Ansteuerung der Wicklung **82** erfolgt über eine Steuer- und Auswerteeinheit **86**, die bevorzugt als μ C-basierte A/D-Auswerteeinheit ausgeführt ist.

Bezugszeichenliste

5	Maschenöffnung
6	Bauteil
7	Carbonfaser, Einzelfilament
8	Carbongelege
10	Carbongelege, funktionalisiert
12	Carbongarn
20, 20'	positiver/ negativer Carbonleiter
21	Stoffummantelung als Dielektrikum
22, 22'	positiver/ negativer Carbonleiter mit Stoffummantelung als Dielektrikum
30	Matrixmaterial
40	Leerdosenelement
50	Kontaktierungsdorn linear
51	Kontaktierungsdorn gewinkelt
52	Kontaktierungsdorn T-förmig
53	Kontaktierungsdorn für Durchdringung
54	Kontaktierungsdorn für Schneidklemm-Technik
55	Lasche
56	Spitze
57	Schneidkante
60	Sensorelement, kapazitiver Sensor
62	Carbongarnlage
64	Auswerteeinheit
70	Monitoring von Temperatur und Dehnung /Stauchung
72	Carbongarnlage
74	Auswerteeinheit
80	Aktor
82	Wicklung
83	Zuleitung

- 84** weichmagnetischer Metallkern;
bewegliche Struktur aus Weicheisen
- 86** Auswerteeinheit

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102016101919 A1 [0003]
- DE 102016118711 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Daten- und/oder Energieübertragung über wenigstens eine elektrische Leitung, die im Inneren eines ein Matrixmaterial umfassenden Bauteils angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrische Leitung zumindest aus elektrisch leitfähigen textilen Garnen, Fasern oder Rovings besteht und im Inneren des Bauteils (6) angeordnet ist und mit dem mineralischen oder organischen Matrixmaterial (30) fest vergossen ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei als textile Fasern, Garne oder Rovings Carbonfasern (7), Carbongarne oder Carbonrovings vorgesehen sind, die jeweils einen Carbonleiter (20, 20', 22, 22') ausbilden.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei der Carbonleiter (20, 20', 22, 22') mit definierten Leitungsparametern ausgestattet oder ausgewählt sind, diese Leitungsparameter sind

- spezifischer elektrischer Widerstand,
- definierter anwendungsspezifischer Leitungsquerschnitt,
- Abstände zwischen Hin- und Rückleitern zur Definierung notwendiger Kabelkapazitäten,
- Erstellung des notwendigen Isoliervermögens zwischen Hin- und Rückleiter sowie der umgebenden mineralischen oder organischen Matrix,
- Vorbereitung der Carbonleiter (20, 20', 22, 22') zur Kontaktierung einzelner Bauteile (6) aus dem Matrixmaterial (30) und Kontaktierung anzuschließender Nutzelemente.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, wobei eine Kontaktierung für wenigstens eines der Nutzelemente entlang des informationstragenden Carbonleiters (20, 20', 22, 22') über Kontakte erfolgt, die durch Schneidklemmtechnik oder axiale oder radiale Durchdringungstechnik mit dem Carbonleiter (20, 20', 22, 22') verbunden ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei eine Beschichtung des Carbonleiters (20, 20', 22, 22') vorgesehen ist, um die mechanische Aktivierung aller Filamente durch Anbindung an die Matrix sicherzustellen, sodass der Carbonleiter (20, 20', 22, 22') statische Aufgaben übernehmen kann.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei der Carbonleiter (20, 20', 22, 22') als ein Sensorelement (60) zur Detektierung von Kapazitäts- und Widerstandsänderungen bei Berührung oder Verformung des Bauteils (6) ausgeführt ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Carbonleiter (20, 20', 22, 22') als ein Aktor (80) ausgestaltet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei der Carbonleiter (20, 20', 22, 22') als eine Wicklung (82) ausgeführt und um einen weichmagnetischen Metallkern (4) angeordnet ist, welcher in dem Matrixmaterial (30) integriert ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Carbonleiter (20, 20', 22, 22') als Bewehrung für ein Bauteil (6), umfassend das Matrixmaterial (30), vorgesehen ist, wobei aus dem Bauteil (6) nach außen reichende und von außerhalb des Bauteils (6) zugängliche elektrische Kontakte vorgesehen und mit dem Carbonleiter (20, 20', 22, 22') verbunden sind.

10. Bauteil, umfassend eine Bewehrung gemäß Anspruch 9 und/oder eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

11. Bauwerk, umfassend Bauteile gemäß Anspruch 10, wobei eine Ausstattung des Bauwerks mit digitaler Infrastruktur vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bauteile bereits mit der Herstellung mit einer Verkabelung vorbereitet und bei der Errichtung des Bauwerks elektrisch verbindbar sind.

12. Verfahren zur Übertragung von Daten und/oder Energie, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Übertragung mittels einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Datenübertragung über den Carbonleiter (20, 20', 22, 22') und erfolgt, wobei zu der Datenübertragung ein Träger eingesetzt wird.

14. Verfahren nach Ansprüchen 12 oder 13, wobei mittels des Carbonleiters (20, 20', 22, 22') eine frequenzmodulierte Datenübertragung und eine SNR-abhängige Datenträgerverteilung vorgenommen werden, sodass eine Veränderung des physischen Informationskanals detektiert werden kann.

15. Verfahren zur Auswahlkonfiguration von Carbonfasern (7), Carbongarne oder Carbonrovings zur Ausbildung einer Carbonstruktur und zur Funktionalisierung als Carbonleiter (20, 20', 22, 22') für eine Verwendung in einer Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Konfiguration von Parametern vorgenommen wird, so dass die gewünschte Funktionalisierung für den jeweiligen Einsatzzweck der Carbonleiter (20, 20', 22, 22') erreicht wird, wobei Variationen der folgenden Eigenschaften des carbonbasierten Grundmaterials zum Tragen kommen:

- Elektrische Eigenschaften: Fasertyp, spezifischer elektrischer Widerstand, Durchmesser der Einzelfilamente und der sich daraus ergebenden Faserbündel, Länge der Struktur, Abstand der Leiter, Kreuzungspunkte, Stromtragfähigkeit;

- Volumenanteil pro Struktureinheit: Anzahl Fasern, Lage der Fasern zueinander;
- Beschichtung von Faserverbänden: Garn eingewebt in vorgefertigte Strukturen, mit Faden umgarnt als isolierende und strukturfestigende Ummantelung, Gummibeschichtung als isolierende und strukturfestigende Ummantelung, Epoxidharz, besandet, feuerbeständige Beschichtungen;
- Matrix-Einbettung: Bauteilebene; Mantelebene; wobei je nach gewünschter Zielapplikation als Grundanforderungen zumindest die geometrischen Abmessungen der Carbonstruktur, die anzuschließenden elektrischen Teilnehmer der Anwendung festgelegt werden, wobei anhand dieser Einordnung dann die Klassifizierung der notwendigen elektrischen Kontaktierung der Carbonstruktur erfolgt.

16. Verwendung einer Bewehrung, die zumindest teilweise aus elektrisch leitfähigen textilen Garnen, Fasern oder Rovings besteht, **dadurch gekennzeichnet**, dass über die elektrisch leitfähigen textilen Garne, Fasern oder Rovings eine Datenübertragung und/oder eine Energieübertragung gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14 vorgesehen sind.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

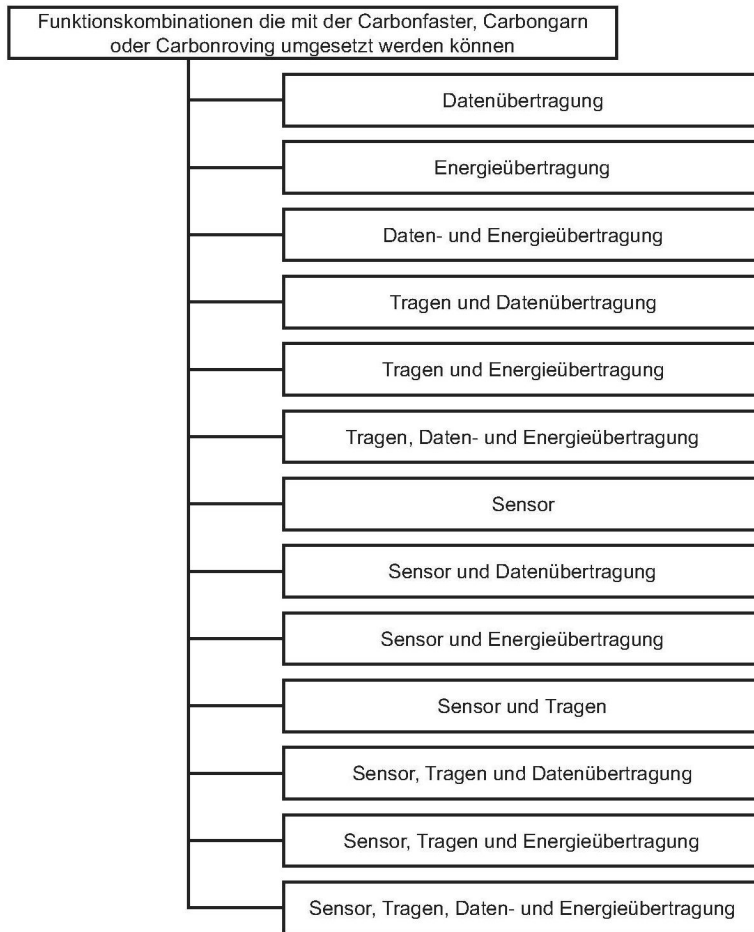


Fig. 1

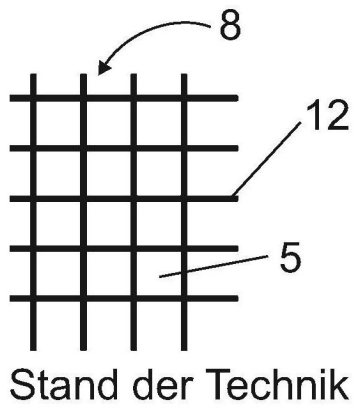


Fig. 2

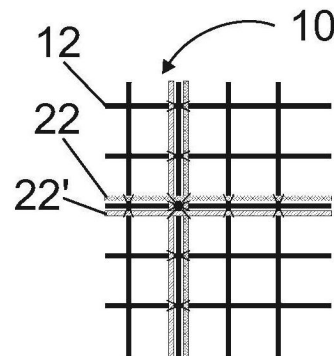


Fig. 3

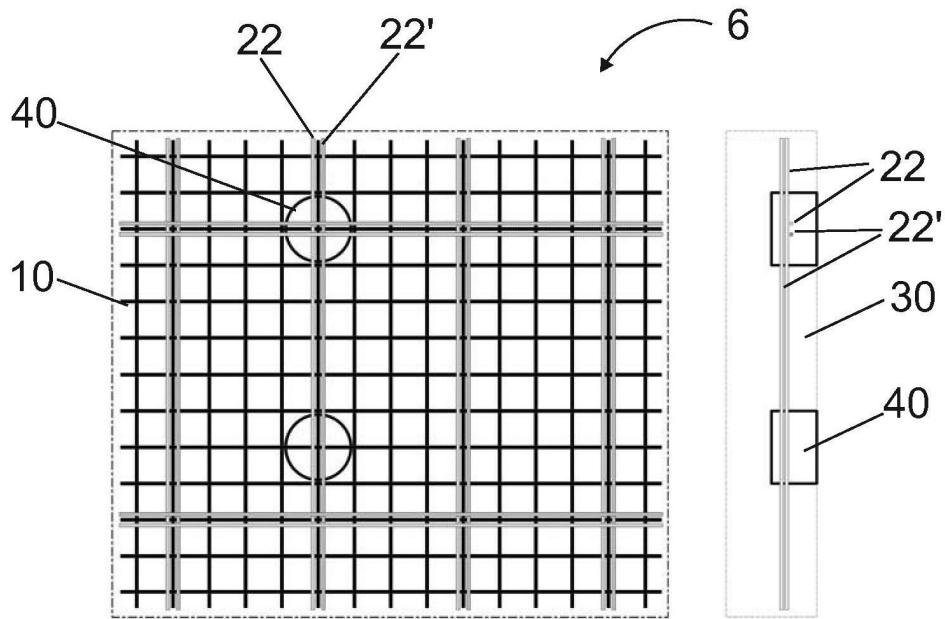


Fig. 4

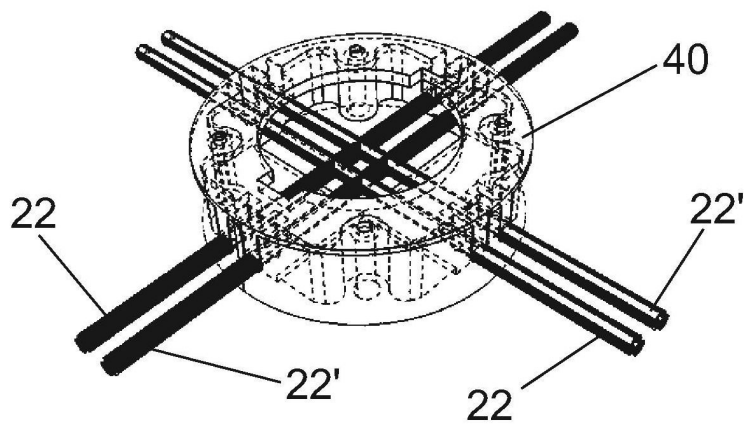


Fig. 5

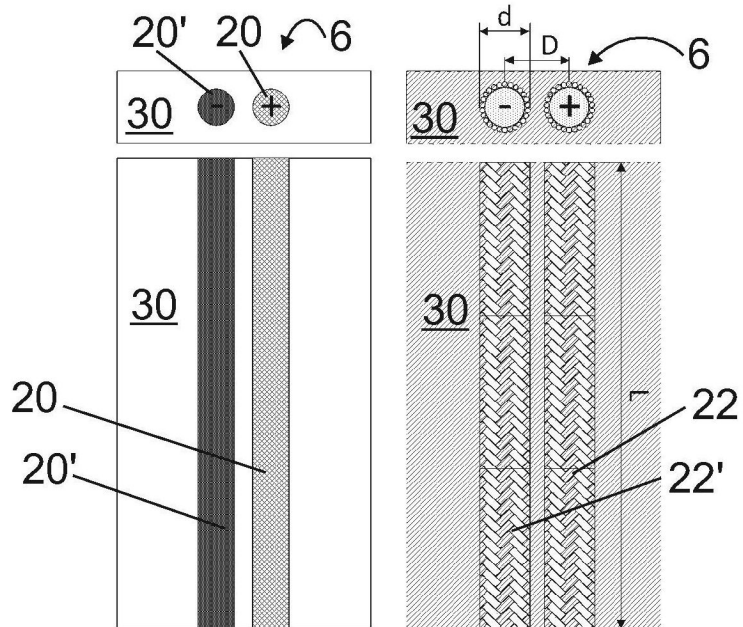
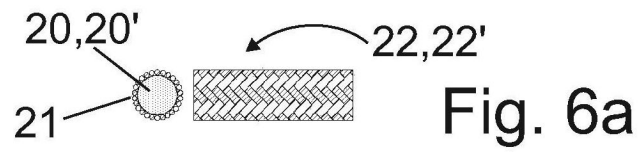


Fig. 6b

Fig. 6c

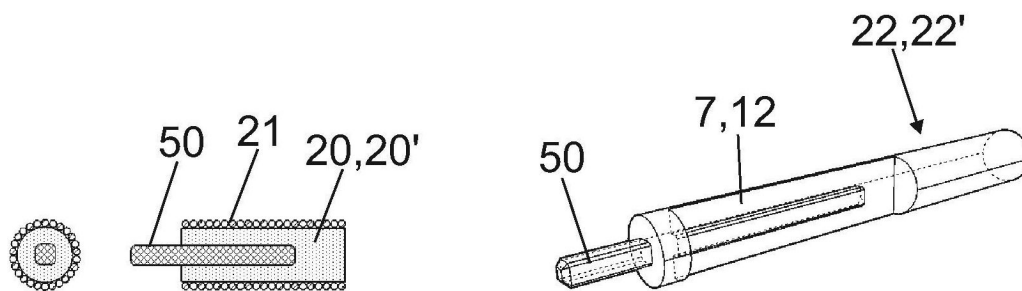


Fig. 7

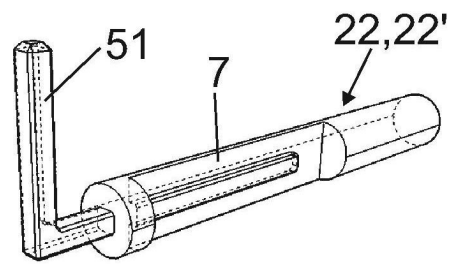
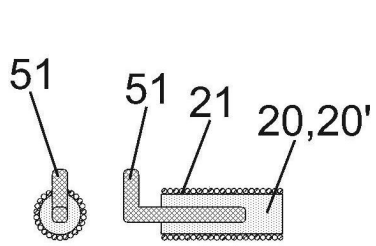


Fig. 8

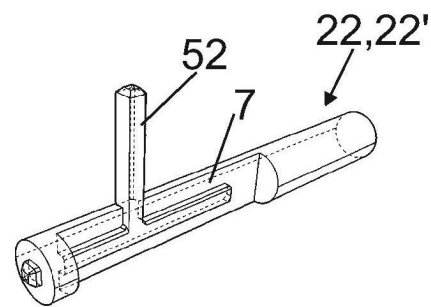
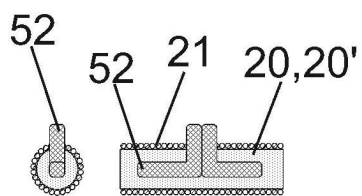


Fig. 9

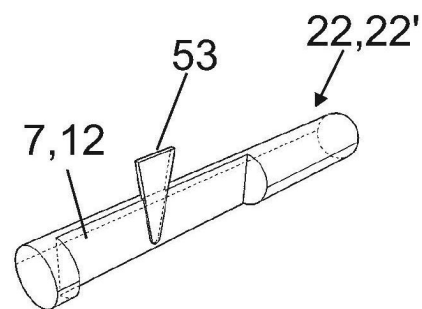
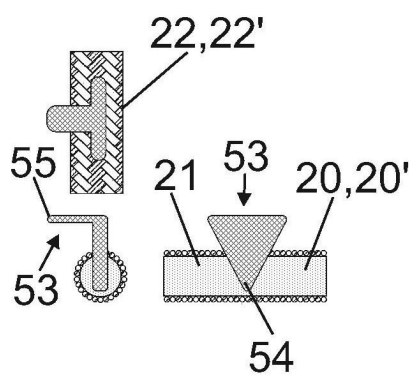


Fig. 10

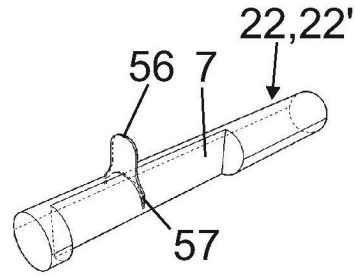
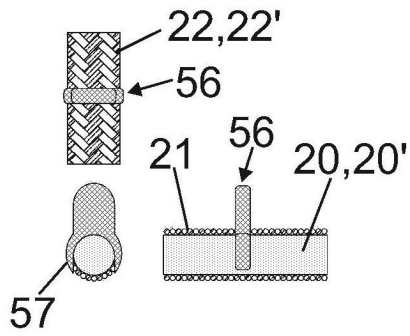


Fig. 11

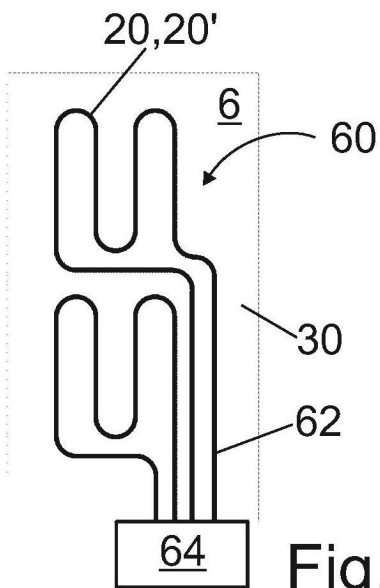


Fig. 12

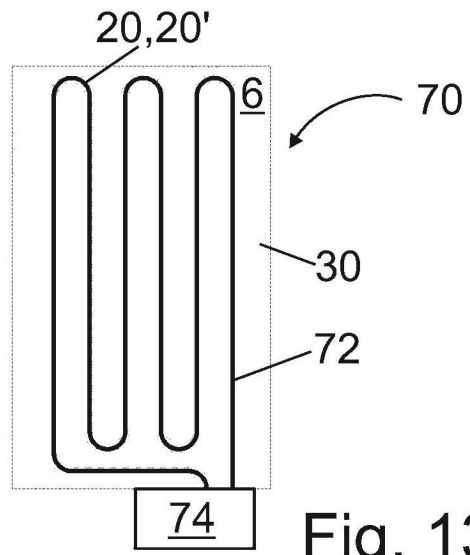


Fig. 13

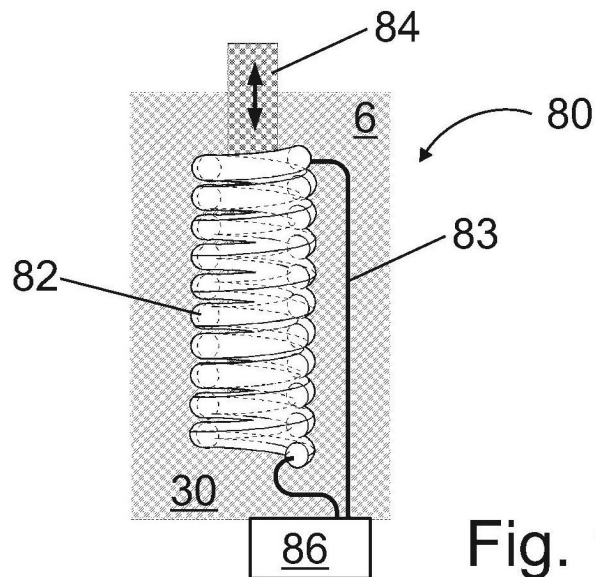


Fig. 14