

**Kunststoff-Bauteile für Energieführungsketten mit
integrierter Sensorik**

- 5 Die Erfindung betrifft allgemein das Gebiet der
Energieführungsketten, zur geschützten, dynamischen Führung
von Versorgungsleitungen wie Kabeln, Schläuchen und
dergleichen zwischen einer ersten Anschlussstelle und einer
dazu relativbeweglichen zweiten Anschlussstelle.
- 10 Die Erfindung betrifft speziell einerseits ein Bauteil einer
Energieführungskette, insbesondere ein Bauteil eines
Kettenglieds wie z.B. eine Kettenlasche, und andererseits
ein Führungsbauteil, insbesondere eine Gleitschiene, für eine
Führungsrinne für Energieführungsketten. Die Erfindung kann
15 insbesondere aber nicht ausschließlich in
Leitungsführungsanordnungen, die hohe
Verfahrgeschwindigkeiten und/oder lange Fahrwege der
Energieführung erfordern, angewendet werden.
- Energieführungsketten umfassen typisch gelenkig verbundene
20 Kettenglieder und sind meist aus zwei Strängen schwenkbar
miteinander verbundener Kettenlaschen aufgebaut, wobei die
Laschenstränge in einer Querrichtung durch Querstege an
jeweils zwei gegenüberliegenden Kettenlaschen voneinander
beabstandet und miteinander verbunden sind.
- 25 Eine Leitungsführungsanordnung kann, insbesondere bei langen
Fahrwegen, eine Führungsrinne zum Führen der
Energieführungskette umfassen, in der die
Energieführungskette geführt ist. In der Führungsrinne sind
meist besondere Führungsbauteile vorgesehen, wie bspw.
30 Gleitschienen oder Gleitleisten, um die Reibung zu reduzieren,
d.h. damit verbunden auch die auf die Energieführungskette
wirkenden Kräfte und auch um reibungsbedingten Verschleiß der

Energieführungskette, insbesondere bei gleitenden Anwendungen, zu reduzieren.

Mit fortschreitender Nutzungsdauer von Energieführungsketten, insbesondere bei hohen Verfahrensgeschwindigkeiten und/oder
5 langen Fahrwegen, kommt es zu Verschleiß. Nicht rechtzeitig erkannter kritischer Verschleiß eines Kettenglieds, insbesondere einer Kettenlasche, kann bspw. zu einem Bruch der Energieführungskette führen. Auch bei Führungsbauteilen einer Führungsrinne kann übermäßiger Verschleiß eine
10 Betriebsstörung zur Folge haben bzw. zu Schaden an der Energieführungskette führen.

Um ein Versagen der Energieführungskette und resultierenden Folgeschäden wie Schäden an geführten Leitungen und/oder Produktionsausfall der versorgten Maschine bzw. Anlage
15 vorzubeugen, sollte kritischer Verschleiß frühzeitig erkannt werden um abgenutzte Bauteile rechtzeitig zu erneuern.

Ein gattungsgemäßes Bauteil einer Energieführungskette umfasst ein aus Kunststoff gefertigtes Formteil. Entsprechendes gilt auch für Führungsbauteile der Führungsrinnen. Aus Kunststoff
20 hergestellte Komponenten von Leitungsführungssystemen unterschiedlicher Bauweisen sind seit langem bekannt, am Markt bewährt und bspw. von der Firma igus GmbH, D-51147 Köln erhältlich.

Kettenglieder und Gleitschienen aus Kunststoff bieten neben
25 Gewichtseinsparung diverse Vorteile gegenüber konventionellen Lösungen mit Metallteilen. Eine Verschleißüberwachung ist allgemein und besonders bei Kunststoffteilen wünschenswert. Daneben ist es ganz grundsätzlich wünschenswert, relevante Bauteile mit Sensorfunktionen auszurüsten, welche eine
30 verbesserte Überwachung, nicht nur aber insbesondere zwecks vorbeugender Wartung (predictive maintenance) ermöglichen.

Für Energieführungsketten sind Kettenlaschen bekannt, die mit einer elektrischen Funktionsschaltung mit Sensorfunktion an dem aus Kunststoff gefertigtem Formteil ausgerüstet sind, zur Erfassung von übermäßigem Verschleiß.

- 5 Eine derartige Kettenlasche ist bspw. aus EP 1 521 015 A2
vorbekannt. Die Funktionsschaltung nach EP 1 521 015 A2 umfasst
ein Federkontaktelement, das in einer Kammer in der Kettenlasche
kraftschlüssig gehalten ist. Das Federkontaktelement ist durch
eine elektrische Leitung an einen Stromkreis angeschlossen. Eine
10 Wand der Kammer ist an einer verschleißanfälligen Stelle der
Kettenlasche angeordnet und weist eine Sollbruchstelle auf. Ein
Abnutzen der Wand führt zum Bruch an der Sollbruchstelle, zum
Öffnen des Federkontakts und zur Unterbrechung des Stromkreises.
Dieses System besteht somit aus mehreren mechanischen und
15 elektrischen Komponenten und erfordert eine komplexe Herstellung.

- In WO 2017/129805 A1 (FIG.9A-9B) beschreibt die Anmelderin das
Anbringen eines separaten Moduls mit elektrischer Schaltung zur
Verschleißerkennung, nämlich einer Funkschaltung mit
Detektorelement, z.B. in einer Aussparung an einer Kettenlasche
20 die anschließend verschlossen wird. Auch hierbei ist die
Herstellung relativ aufwendig und eine geeignete Aufnahme für das
Modul erforderlich.

- Weitere Sensoriken für Kettenglieder von
Energieführungsketten wurden in WO 2019/201482 A1
25 vorgeschlagen. Auch hierbei wäre eine vereinfachte,
günstigere Integration in den Herstellungsprozess
wünschenswert. Eine erste Aufgabe der vorliegenden Erfindung
besteht mithin darin, Bauteile die in oder mit
Energieführungsketten verwendet werden, insbesondere eine
30 Kettenlasche eines Kettenglieds oder auch eine Gleitschiene
einer Führungsrinne, vorzuschlagen, die mit einer
elektrischen Funktionsschaltung zur sensorischen Erfassung

eines Betriebsparameters ausgerüstet sind, und auch in großen Stückzahlen kostengünstig und zuverlässig herstellbar sind.

Die Lösung soll dabei gleichermaßen für Bauteile von
5 Energieführungsketten an sich, insbesondere deren Kettengliedern, z.B. Kettenlaschen und Querstege, oder auch für Führungsbauteile von Führungsrinnen, insbesondere Gleitschienen, geeignet sein.

Diese Aufgabe wird z.B. gelöst durch ein Bauteil mit den
10 Merkmale nach Anspruch 1. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Zur Lösung dieser ersten Aufgabe wird bei einem Energieführungsketten-Bauteil, insbesondere einer Kettenlasche, nach dem Oberbegriff aus Anspruch 1
15 vorgeschlagen, dass die Funktionsschaltung mindestens eine Leiterbahnstruktur umfasst, die auf dem Formteil aus Kunststoff der Leiterbahnstruktur ausgebildet ist, wobei das Formteil selbst den Träger bzw. das Substrat für die Leiterbahnstruktur bildet. Die Funktionsschaltung kann
20 insbesondere durch ein additives Fertigungsverfahren auf dem vorzugsweise vorgefertigten Formteil aufgebracht (Engl.: applied) sein.

Ein gattungsgemäßes Führungsbauteil für eine Führungsrinne eines Leitungsführungssystems, insbesondere eine Gleitschiene,
25 oder evtl. auch eine Gleitleiste, umfasst ebenfalls typisch ein aus Kunststoff gefertigtes Formteil mit einer Gleitfläche für eine in der Führungsrinne geführte Energieführungskette. Zur Lösung der o.g. ersten Aufgabe wird also bei einem Führungsbauteil nach dem Oberbegriff aus Anspruch 2 ebenfalls
30 vorgeschlagen, an dem Formteil mindestens eine elektrische Funktionsschaltung mit Sensorfunktion zur Erfassung eines

Betriebsparameters anzuordnen, welche mindestens eine Leiterbahnstruktur umfasst, die auf dem Formteil der Leiterbahnstruktur ausgebildet ist, sodass der Formteil zugleich als Träger der Leiterbahnstruktur dienen kann.

- 5 Hierzu kann die Funktionsschaltung insbesondere durch ein additives Fertigungsverfahren auf dem vorzugsweise vorgefertigten Formteil aus Kunststoff aufgebracht (Engl.: applied) sein.

- Die vorgeschlagene Lösung lässt sich somit nicht nur für die
10 Herstellung von Strukturbauteilen der Kettenglieder, d.h. insbesondere Kettenlaschen (auch Seitenlaschen bzw. Seitenteile genannt) und diese verbindende Querstege (auch Traversen oder Öffnungssteg genannt) anwenden, sondern analog auch für diejenigen Bauteile einer an sich optionalen
15 Führungsrinne, welche mit den Kettengliedern zusammenwirken.

- In beiden Fällen hat die vorgeschlagene Bauweise u.a. den Vorteil, dass preiswert herstellbare Sensorik mit den gewünschten Eigenschaften unmittelbar in die Formteile integriert werden kann, d.h. der Automatisierungsgrad erhöht
20 wird bzw. zusätzliche Fertigungsschritte entfallen.

- Unter Leiterbahn (Engl. „trace conductor“) wird vorliegend ein einzelnes elektrisch leitendes Verbindungselement verstanden mit beliebiger Länge bei vorgegebener Breite und vorgegebener Dicke (Bauhöhe), wobei die Dicke der Leiterbahn
25 im Verhältnis zu ihrer Breite deutlich kleiner ist, insbesondere um mindestens einen Faktor zwei, üblicherweise um ca. eine Größenordnung. Es handelt sich also um Verbindungselemente, typisch in flächiger Bauweise, mit Geometrien, ähnlich Leiterbahnen die bei Leiterplatten
30 (Engl. „printed circuit board“) üblich sind.

Das Formteil kann insbesondere vorgefertigt sein, bzw.

bereits vor dem Aufbringen der Leiterbahnstruktur bzw. der Funktionsschaltung in geeigneter Form vorliegen und somit als Schaltungsträger bzw. Substrat genutzt werden. Herkömmliche Leiterplatten bzw. PCBs sind damit nicht
5 erforderlich.

Die erfindungsgemäße Leiterbahnstruktur kann durch unterschiedliche Techniken aufgebracht (Engl. applied) werden, bspw. durch Auftragen eines Leitlacks auf das vorgefertigte Formteil hergestellt sein und/oder auf dem
10 Formteil bspw. durch 3D-Druck aufgedruckt sein. Bevorzugt wird die gesamte Funktionsschaltung, zumindest aber die Leiterbahnstruktur, direkt bzw. unmittelbar auf das vorgefertigte Kunststoff-Formteil aufgebracht, insbesondere aufgedruckt.

15 Die Funktionsschaltung kann bspw. durch ein additiv metallisierendes Verfahren auf das Formteil aufgebracht werden, indem ein Metall auf einen metallisierbaren Kunststoff galvanisch aufgebracht wird, oder auch durch thermisches Auftragen z.B. Spritzen.

20 Die erfindungsgemäße Funktionsschaltung kann allgemein durch ein additives Fertigungsverfahren auf das Formteil aus Kunststoff aufgebracht bzw. aufgetragen sein.

Dies kann insbesondere mithilfe einer geeigneten MID-Technologie (Engl. Molded Interconnect Devices) erfolgen.

25 Die Funktionsschaltung kann auch durch andere geeignete, an sich bekannte AM-Verfahren angebracht werden, insbesondere durch ein im Sinne der Norm VDI 3405 oder DIN EN ISO 17296-2 (Teil II) als additives Fertigungsverfahren bezeichnetes Verfahren.

30 AM-Verfahren erlauben inhärent automatisierte,

computergestützte Fertigung von komplexen, quasi beliebigen Geometrien, typisch auf Basis einer schichtweise aufgetragenen Konstruktion. Als AM-Verfahren kommen insbesondere Direkt-Druck mit selbsttätiger Aushärtung der Druckmasse oder auch 3D-Druck durch Polymerisation, 3D-Druck durch Verkleben und 3D-Druck durch Sintern/Verschmelzen in Betracht.

Die Funktionsschaltung kann dabei vollständig bzw. integral, insbesondere ohne sonstige diskrete elektrische Komponenten, in einem zusammenhängenden additiven Fertigungsprozess hergestellt sein. Geeignet sind dazu insbesondere extrusionsbasierte Verfahren (englisch: extrusion based: EB), entweder mit chemischer Aushärtung oder mit physikalischer Verfestigung von erhitzten thermoplastischen Kunststoffen. Geeignet erscheint z.B. das FDM-Verfahren (englisch: fused deposition modeling). Auch denkbar sind MJ-Verfahren (englisch: material jetting), z.B. mit Photopolymeren die durch Lichteinwirkung verfestigten. Ebenfalls in Betracht kommen sog. BJ-Verfahren (englisch: binder jetting), gelegentlich auch als 3DP-Verfahren bezeichnet.

In Betracht kommen grundsätzlich alle sogenannte 3D-Drucktechniken. Bevorzugt sind EB-Verfahren aufgrund ihrer Eignung für relativ zähflüssige, leitfähige Pasten. Insbesondere ein FLM- bzw. ein FFF-Verfahren zur additiven Fertigung wird bevorzugt.

Das Formteil kann insbesondere im Spritzgussverfahren hergestellt werden.

Die Funktionsschaltung kann auch durch In-Mold-Labeling aufgebracht werden, bzw. durch Einlegen einer bedruckten Folie in ein Spritzgießwerkzeug und Hinterspritzen mit dem

Kunststoff. Die Funktionsschaltung kann ferner durch Heißprägen (Aufbringen einer haftenden Folie unter Druck und Wärme) angebracht werden.

Unter Funktionsschaltung wird auch ein Fragment eines
5 Schaltkreises (Engl. „circuit“) verstanden. Die Funktionsschaltung kann insbesondere erst durch Verbindung mit einer weiteren Schaltung ihre eigentliche Funktion erfüllen und muss daher für sich insbesondere keinen Stromkreis bilden. Die Funktionsschaltung kann z.B. einen
10 elektrischen Zweipol bilden, dessen elektrische Eigenschaften von dem zu erfassenden Betriebsparameter abhängen.

Das Formteil kann vor dem Aufbringen der Funktionsschaltung bereits vorgefertigt sein, insbesondere einteilig
15 vorgefertigt, bspw. aus einem faserverstärkten Polymer.

Denkbar ist es auch, eine Zwischenschicht zwischen dem Formteil und der additiv aufgedruckten bzw. aufgetragenen Funktionsschaltung vorzusehen, etwa zur Haftungsvermittlung oder zwecks zusätzlicher elektrischer Isolierung.

20 Die Leiterbahnstruktur bzw. die Funktionsschaltung kann auf dem Formteil ausgebildet sein, insbesondere an einer Oberfläche des Formteils. Die Leiterbahnstruktur bzw. die Funktionsschaltung muss nicht von der Oberfläche der fertigen Vorrichtung – der Kettenlasche bzw. des
25 Führungsbauteils – direkt zugänglich sein, sie kann in der fertigen Vorrichtung durch eine oder mehrere Schutzschichten bedeckt bzw. ummantelt sein. Die Ummantelung kann bspw. durch Umspritzen hergestellt sein. Vorzugsweise wird bei drahtgebundener Signalverbindung zwecks Kontaktierung eine
30 Zugangsöffnung zur Schaltung freigelassen bzw. ausgespart oder aber eine Kontaktvorrichtung mit eingekapselt.

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung ist die relativ günstige Herstellung bei dennoch robuster Bauweise, die auch für widrige Umgebungsbedingungen, wie z.B. Verwendung im Freien geeignet ist.

Das Formteil kann insbesondere als Substrat bzw. Schaltungsträger
5 für die additiv aufgebraachte Funktionsschaltung dienen,
vorzugsweise als spritzgegossener Schaltungsträger.

Das Formteil kann ein Thermoplast umfassen oder im Wesentlichen aus einem Thermoplast hergestellt sein. Thermoplastische Werkstoffe eignen sich besonders gut, u.a.
10 zum Recycling. Dem Kunststoff können ggf. auch Metallverbindungen beigemischt sein, was z.B. für die LDS Herstellmethode für MIDs vorteilhaft ist.

Vorzugsweise ist die Funktionsschaltung durch eine stoffschlüssige Verbindung fest mit dem Formteil verbunden.
15 Die Funktionsschaltung ist vorzugsweise in das Formteil integriert bzw. liegt nach der Herstellung als integraler Bestandteil des Formteils vor.

Die Funktionsschaltung kann einen Detektionsbereich umfassen, der zwecks Sensorfunktion bezüglich des zu
20 überwachenden Betriebsparameters sensitiv ist. Als Detektionsbereich kommt grundsätzlich eine beliebige Detektionskomponente bzw. Detektorstruktur in Betracht, die vorzugsweise integral während der additiven Fertigung der Funktionsschaltung hergestellt wird.

25 Es kann sich dabei insbesondere um einen resistiven Detektionsbereich zur Verschleißerkennung, z.B. durch Leitungsunterbrechung, handeln. Auch induktiv oder kapazitiv wirkende Funktionsschaltungen z.B. zur Näherungserkennung oder dgl. liegen im Rahmen der Erfindung. Denkbar sind
30 ferner auch andere Detektionskonzepte, beispielsweise zur Temperaturmessung oder zur Verformungs- bzw. Kraftmessung.

Mit Detektionsbereich ist insbesondere der Aufnehmer im Sinne der Messtechnik (vgl. DIN 1319-1) bezeichnet, d.h. der Teil der Einrichtung, der auf die gewünschte Messgröße bzw. zu erfassende Größe unmittelbar anspricht.

- 5 Die Funktionsschaltung kann, insbesondere zur Vereinfachung der additiven Fertigung, an einer Oberfläche des Formteils aufgebracht bzw. vorgesehen sein, insbesondere in die Oberfläche integriert sein. Die endfertige Funktionsschaltung kann in einer an der Oberfläche des
- 10 Formteils vorgefertigten Aussparungsstruktur zumindest teilweise oder bevorzugt vollständig einliegen bzw. eingelassen sein. Mit einer im Spritzgussverfahren mit geringen Toleranzen herstellbaren Aussparungsstruktur, können Ungenauigkeiten additiver Fertigung, z.B. durch
- 15 Zerfließen des noch nicht ausgehärteten Leitermaterial reduziert bzw. kompensiert werden.

Das vorzugsweise vollständige Aufnehmen der Funktionsschaltung in einer oberseitigen Aussparungsstruktur bietet u.a. den Vorteil, dass eine mit Sensorfunktion

20 erweiterte Vorrichtung weiterhin abwärtskompatibel zur Bauteilgeometrie einer bestehenden bzw. bereits in Serie gefertigten Vorrichtung bleibt.

Die Aussparungsstruktur kann nach additiver Fertigung der Funktionsschaltung nach Außen zur Oberfläche hin

25 offenbleiben, oder zum besseren Schutz, z.B. gegen Umwelteinflüsse, anschließend gekapselt werden, ggf. im Rahmen einer geeigneten additiven Fertigungstechnik.

Bei einer Ausführungsform der Kettenlasche kann das Formteil eine Gleitfläche zum gleitenden Zusammenwirken mit einer Gegenfläche

30 einer relativ zur Kettenlasche bewegten Komponente eines Leitungsführungssystems aufweisen, insbesondere einer weiteren

Kettenlasche und/oder einem Führungsbauteil einer Führungsrinne.

Bei einer verbreiteten und an sich bekannten Energieführungskette überlappen jeweils zwei aufeinanderfolgende Kettenlaschen eines Laschenstrangs an ihren Längsenden teilweise miteinander und sind
5 schwenkbar miteinander durch eine Gelenkverbindung verbunden. Diese Überlappungsbereiche der Kettenlaschen können Gelenkzapfen und/oder Gelenkaufnahmen zur Bildung dieser Gelenkverbindung aufweisen. Der Gelenkzapfen einer Kettenlasche kann dabei in einer Gelenkaufnahme einer überlappenden Kettenlasche aufgenommen
10 werden. Beim Schwenken der Kettenlaschen um eine Schwenkachse gegeneinander gleiten diese Gleitpartner aneinander was unweigerlich zu Verschleiß führt.

Kettenlaschen können auch andere Gleitflächen aufweisen, bspw. wenn ein Vorsprung einer Kettenlasche in einer Nut einer
15 überlappenden Kettenlasche zur seitlichen Stabilisierung der Gelenkverbindung aufgenommen ist.

Ferner hat eine Kettenlasche an ihren Schmalseiten typisch die vorgenannten Gleitflächen zum Abgleiten an weiteren Kettenlaschen oder an einer Gleitschiene. Ebenfalls im Rahmen der Erfindung
20 liegt die Anwendung an sogenannten Gleitschuhen für Energieführungsketten, welche als separate Formteile an den Schmalseiten montiert werden um Reibung bei langen Verfahrwegen zu vermindern. Auch solche Gleitschuhe werden als Bauteile im vorliegenden Sinne verstanden, welche vorteilhaft mit einer
25 Funktionsschaltung ausgerüstet werden können.

Der Detektionsbereich der Funktionsschaltung kann zumindest in einem Neuzustand der Vorrichtung einen vordefinierten Abstand zur Gleitfläche des Formteils aufweisen. Der Detektionsbereich kann allgemein in einer vordefinierten
30 Position an dem Formteil angeordnet sein.

Der Detektionsbereich kann insbesondere auf einer der

Gleitfläche gegenüberliegenden Oberfläche des Formteils vorgesehen sein.

Bei einer Ausführungsform kann der Detektionsbereich zumindest teilweise entlang einer zu erkennenden Verschleißgrenze verlaufen bzw. zumindest im Neuzustand der Vorrichtung einen Abstand zur eigentlichen Gleitfläche aufweisen, der einer zulässigen Abnutzung der Gleitfläche entspricht, sodass ein Überschreiten der Verschleißgrenze bzw. der zulässigen Abnutzung durch die Funktionsschaltung detektierbar ist. So kann die Vorrichtung rechtzeitig ausgetauscht werden, bevor es zum Versagen kommt.

Das Formteil kann eine vorgefertigte Vertiefung aufweisen, in welcher die Funktionsschaltung zumindest teilweise oder vollständig einliegt.

Die Funktionsschaltung ist vorzugsweise direkt und/oder integral auf das vorgefertigte Formteil aufgetragen, insbesondere durch ein MID-Verfahren.

Die Funktionsschaltung ist mit dem Formteil vorzugsweise durch eine stoffschlüssige Verbindung verbunden.

Die Funktionsschaltung ist vorzugsweise aus einem Material gefertigt, das eine deutlich höhere Leitfähigkeit aufweist, als der Kunststoff des Formteils, insbesondere aus einem Material mit Silber-, Kupfer- und/oder Carbon-Anteil. So kann die Funktionsschaltung direkt auf dem Formteil aufgetragen sein, auch ohne zusätzliche Isolierschichten zwischen dem Körper des Formteils und der Leiterbahnstruktur der Funktionsschaltung.

Zur Herstellung elektrisch leitfähiger Strukturen im Wege der additiven Fertigung sind bereits unterschiedliche Materialien bekannt. Es können beispielsweise druckbare

Pasten, Flüssigkeiten oder Thermoplaste mit Silberanteil, Kupferanteil und/oder Carbonanteil (beispielsweise Graphit oder Industrieruß bzw. CB = „Carbon Black“) eingesetzt werden. Vorzugsweise wird eine silberbasierte, leitfähige
5 Paste eingesetzt, wie beispielsweise ein Flüssigharz mit Silberpulver, wie z.B. Typ 5064H der Fa. DuPont® vom (siehe Datenblatt MCM5064H/2011). Auch andere Mischungen einer Polymermatrix mit leitfähigen Partikeln, insbesondere preiswertere Carbon-Partikel (Graphit oder CB) kommen in
10 Betracht, sofern das endfertige Material der Leiterbahnen der Funktionsschaltung eine deutlich höhere Leitfähigkeit aufweist, als der Kunststoff bzw. Tribopolymer des Schaltungsträgers.

Die Funktionsschaltung umfasst Leiterbahnen, die
15 vorzugsweise durch ein AM-Verfahren additiv aufgebracht sind und insbesondere eine Schichtstärke bzw. Dicke von $\leq 200\mu\text{m}$, vorzugsweise von $\leq 100\mu\text{m}$, bspw. im Bereich von 5-50 μm , und vorzugsweise eine Leiterbreite von 0,5-5mm aufweisen. Die Leiterbahnen können insbesondere als Detektionsbereich
20 dienen.

Die Funktionsschaltung kann ferner besondere Kontaktbereiche zur lösbaren Kontaktierung der Funktionsschaltung, bspw. mit einer separaten Auswerteschaltung oder einer Energiequelle, aufweisen, die durch dasselbe additive Fertigungsverfahren
25 auf das Formteil aufgebracht sind wie die Leiterbahnstruktur der Detektionsbereiche. Die Kontaktbereiche weisen vorzugsweise eine Schichtstärke bzw. Dicke von $\geq 200\mu\text{m}$, insbesondere im Bereich von 250-500 μm auf.

Die additiv gefertigte Funktionsschaltung ist vorzugsweise
30 rein passiv, d.h. ohne eigene Energiequelle ausgeführt. Sie kann insbesondere als Zweipol ausgeführt sein, der an eine separate Auswerteschaltung über die Kontaktbereiche

anzuschließen ist. Die Funktionsschaltung kann insbesondere ausschließlich aus Leiterbahnen als Detektionsbereich und den Kontaktbereichen bestehen bzw. ohne diskrete elektrische bzw. elektronische Komponenten ausgeführt sein. Auch diese
5 besonders einfache Gestaltung erlaubt z.B. eine resistive Verschleißerkennung, insbesondere durch resistive Überwachung einer Unterbrechung der Leiterbahnstruktur im Detektionsbereich der Funktionsschaltung.

Im Rahmen der additiven Fertigung können jedoch auch
10 andersartige Detektionsbereiche bzw. Sensoren im Sinne von Messgrößen-Aufnehmern hergestellt werden. So kann beispielsweise auch eine kapazitive oder temperaturempfindliche Sensorstruktur additiv aufgebracht werden. Auch piezo-resistive Strukturen wurden bereits in
15 der jüngeren Fachliteratur zu AM-Verfahren beschrieben. Ein piezo-resistiver Detektor der im AM-Verfahren herstellbar ist, wurde beispielsweise von Leigh SJ, Bradley RJ, et al. („A Simple, Low-Cost Conductive Composite Material for 3D Printing of Electronic Sensors“; PLoS ONE 7(11); 2012).

20 Ein Detektionsbereich kann insbesondere der Detektion einer Positionsänderung der Vorrichtung zu einer relativ zur Vorrichtung bewegenden weiteren Vorrichtung bzw. Komponente eines Leitungsführungssystems dienen. In Betracht kommt dabei z.B. die Erfassung des Schwenkwinkels zweier zueinander schwenkbarer
25 Kettenglieder, oder die Positionserfassung der Energiekette z.B. über die Relativposition eines Endbereichs zum stationären Trum oder relativ zur Führungsrinne, usw.

Im Rahmen der Erfindung liegt allgemein erfindungsgemäß hergestellte Sensorik für die Betriebsüberwachung bzw. die
30 Erfassung jeglicher Betriebsparameter, insbesondere solcher, die für die Lebensdauer relevante Daten darstellen.

Bei einer besonders für Führungsbauteile von Führungsrinnen vorteilhaften Ausführungsform der Vorrichtung bzw. des Führungsbauteils umfasst das Formteil ein Tribopolymer – einen tribo-optimierten Kunststoff, und ist insbesondere aus einem Tribopolymer vorgefertigt. Tribopolymere zur schmiermittelfreien Lagerung sind an sich bekannt und umfassen typischerweise ein Basispolymer und mikroskopische Festschmierstoffe. Weiterhin kann das Tribopolymer Verstärkungsfasern und/oder Verstärkungsfüllstoffe oder sonstige Füllstoffe aufweisen. Diese Art von Vorrichtungen bzw. Führungsbauteilen ist bestimmungsgemäß einem gewissen Verschleiß des Basispolymers ausgesetzt, der die festen Schmierstoffpartikel zur Feststoffschmierung mit dem Lagerpartner freisetzen soll. Dementsprechend ist eine Verschleißerkennung hier besonders vorteilhaft, welche sich günstig im additiven Fertigungsverfahren realisieren lässt. Tribologisch optimierte Polymere (Tribopolymer) können insbesondere für Gleitschienen oder Gleitschuhe eingesetzt werden. Ein hierfür geeigneter Werkstoff ist z.B. ein Polymer aus der Produktreihe iglidur® der Firma igus GmbH, D-51147 Köln.

Für Kettengliedern oder Kettenlaschen besonders geeignet ist ein abriebfestes Polymer aus der Produktreihe igumid® der Firma igus GmbH, D-51147 Köln. Auch Teile von Kettengliedern oder Kettenlaschen können jedoch aus einem anderen, tribologisch optimierten Polymer bzw. einem Tribopolymer hergestellte Bereiche umfassen.

Ein Führungsbauteil gemäß einer der beschriebenen Ausführungsformen kann somit eine Gleitschiene mit einem in eine Längsrichtung langgestrecktem Körper und einem offenen Querschnitt senkrecht zur Längsrichtung sein. Die Längsrichtung eines Führungsbauteils entspricht der Längsrichtung

der Führungsrinne bzw. der Fahrriechtung der Energieföhrungskette.
Die Gleitschiene kann insbesondere als Winkelfprofil
ausgebildet sein. Der Vorteil solcher Gleitschienen ist es,
dass sie gñnstig im Spritzgussverfahren hergestellt werden
5 können. Ein offener Querschnitt erlaubt zudem ein Aufbringen
von Funktionsschaltungen an einer Oberflähe des Formteils,
die der Gleitflähe gegenüberliegt bzw. abgewandt ist.

Das Föhrungsbauteil kann eine Mehrzahl Funktionsschaltungen
aufweisen, die in der Längsrichtung des Föhrungsbauteils
10 voneinander beabstandet sind. Die Funktionsschaltungen
können insbesondere zum Überwachen der Position bzw. des
Verfahrens der Energieföhrungskette entlang des Verfahrwegs
dienen, insbesondere, wenn sie als ein induktiver,
kapazitiver oder piezo-resistiver Schalter funktionieren. Die
15 Funktionsschaltungen können über eine gesamte Länge des
Föhrungsbauteils oder über einen Abschnitt des
Föhrungsbauteils verteilt sein.

Das Föhrungsbauteil umfasst vorzugsweise einen
Befestigungsbereich zur Befestigung des Föhrungsbauteils an der
20 Führungsrinne. Eine Führungsrinne für Energieföhrungsketten
weist üblicherweise Seitenteile auf, die in einer Querrichtung
senkrecht zur Längsrichtung der Führungsrinne voneinander
beabstandet sind, und einen Rinnenboden zwischen den
Seitenteilen. Insbesondere die Seitenteile können dabei aus
25 Metall gefertigt sein, z.B. aus Aluminium oder Stahlblech.
Die Seitenteile und/oder der Rinnenboden können Auflageflähen
für die Energieföhrungskette bereitstellen, an denen die
Energieföhrungskette verfahren, insbesondere abgleiten, kann.
Diese Auflageflähen können Gleitschienen aufweisen. Die
30 Seitenteile können Gleitleisten aufweisen, die mit den
Breitseiten der Kettenlaschen einer Energieföhrungskette,
die in der Rinne verfährt, zusammenwirken.

Beim Verfahren der Energieführungskette in der Führungsrinne können die Breitseiten der Kettenlaschen in Kontakt mit der Gleitleiste kommen und an dieser abgleiten. Der Befestigungsbereich kann Profilelemente zur Befestigung des
5 Führungsbauteils, bzw. der Gleitschiene und/oder der Gleitleiste, an einem Seitenteil der Führungsrinne aufweisen, wobei das Seitenteil ein zum Befestigungsbereich des Führungsbauteils passendes Profil aufweist.

Die Erfindung betrifft jedoch insbesondere Kunststoff-
10 Formteile, die Bestandteile einer Energieführungskette an sich sind.

Eine Kettenlasche gemäß einer der beschriebenen Ausführungsformen weist z.B. typischerweise zwei Breitseiten und vier Schmalseiten, wobei mindestens eine der
15 Schmalseiten zum Abgleiten an einer Gleitschiene oder an Schmalseiten weiterer Kettenlaschen ausgebildet ist. Mindestens eine der Breitseiten kann einen Zapfen und/oder eine Aufnahme zur Bildung von Gelenkverbindungen mit je einer nominalen Schwenkachse zwischen aufeinanderfolgenden
20 Kettenlaschen aufweisen. Bei einer Ausführungsform der Erfindung kann die Funktionsschaltung direkt auf den einen Zapfen und/oder in die eine Aufnahme und/oder an mindestens eine der Schmalseiten angebracht bzw. aufgedruckt sein. Es können ggf. auch mehrere koaxiale Zapfen/Aufnahmen
25 vorgesehen sein.

Die Erfindung betrifft dementsprechend auch ein Leitungsführungssystem, insbesondere für lange Verfahrswege, zum dynamischen Führen von Versorgungsleitungen zwischen zwei relativ zueinander beweglichen Anschlusspunkten, das
30 eine Energieführungskette mit mindestens einer Kettenlasche gemäß einer der oben beschriebenen Ausführungsformen und/oder eine Führungsrinne für eine Energieführungskette mit mindestens

einem Führungsbauteil gemäß einer der oben beschriebenen Ausführungsformen umfasst.

Das System umfasst vorzugsweise eine Auswerteschaltung, welche mit der Funktionsschaltung signaltechnisch,
5 insbesondere lösbar bzw. austauschbar zur Signalübertragung über eine Leitung verbunden ist. Hierzu kann beispielsweise eine spezielle Kontaktschnittstelle zwischen Auswerteschaltung und Funktionsschaltung vorgesehen sein. Vorzugsweise umfasst das System ferner eine
10 Energieversorgung, beispielsweise eine Batterie für die Auswerteschaltung.

Das Leitungsführungssystem kann eine mit der Auswerteschaltung verbundene Kontaktvorrichtung aufweisen, insbesondere eine Kontaktvorrichtung mit
15 Federkontaktstiften, zur lösbaren Kontaktierung der Auswerteschaltung mit der Funktionsschaltung, insbesondere mit deren Kontaktbereichen. Das erleichtert einen Austausch der die Funktionsschaltung(en) aufweisenden Bauteile, insbesondere durch prädiktive Wartung. Die in der
20 Herstellung aufwendigeren bzw. kostspieligeren Komponenten können so an einem nicht verschleißanfälligen Teil des Systems angeordnet werden.

Die Auswerteschaltung kann insbesondere mindestens einen Betriebsparameter anhand der Funktionsschaltung(en)
25 auswerten und ein Kommunikationsmodul, insbesondere ein Funkkommunikationsmodul, umfassen, das zur Übermittlung eines Auswertungsergebnisses an ein übergeordnetes Überwachungssystem eingerichtet ist. Hierzu können beliebige bekannte drahtgebundene oder drahtlose Technologien zur
30 Datenübertragung eingesetzt werden.

Ferner betrifft die Erfindung die Verwendung eines

Kettenbauteils, insbesondere einer Kettenlasche, gemäß einer der oben beschriebenen Ausführungsformen und/oder eines Führungsbauteils gemäß einer der oben beschriebenen Ausführungsformen in einem Leitungsführungssystem zum dynamischen Führen von Versorgungsleitungen zwischen zwei relativ zueinander beweglichen Anschlusspunkten, um eine Verschleißerkennung, Erkennung eines Bruchs, Erkennung eines Versagens und/oder Erkennung des Abweichens vom Normalverlauf zu ermöglichen. Ein Leitungsführungssystem, das mit einem erfindungsgemäßen Kettenbauteil bzw. Führungsbauteil ausgerüstet ist, ist insbesondere für lange Verfahrswege, und hohe Verfahrgeschwindigkeiten, bei denen Reibung und andere mechanische Beanspruchungen auftreten, vorteilhaft.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich - ohne Beschränkung der Allgemeinheit der vorstehenden Lehre - aus der nachfolgenden, ausführlichen Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele anhand der beiliegenden Abbildungen. Hierbei zeigen:

FIG.1: eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels eines Leitungsführungssystems;

FIG.2A-2D: Ausführungsbeispiele einer Kettenlasche: perspektivisch (**FIG.2A**), in Seitenansicht (**FIG.2B**), und in Schnittansichten gem. **FIG.2B** (**FIG.2C-2D**);

FIG.3A-3D: weitere Ausführungsbeispiele der Kettenlasche in Perspektivansicht; und

FIG.4: eine Perspektivansicht eines Ausführungsbeispiels einer Gleitschiene für ein System nach **FIG.1**.

Das rein beispielhaft in FIG.1 gezeigte Leitungsführungssystem 1 umfasst eine Energieführungskette 2

und eine Führungsrinne 3 für die Energieführungskette 2. Die Energieführungskette 2 führt Versorgungsleitungen 9 von einem fest positionierten Anschlusspunkt 4 zu einem beweglichen Anschlusspunkt an einem Mitnehmer 5, bspw. an einem zu versorgenden Anlagenteil. Dabei verfährt die Energieführungskette 2 bestimmungsgemäß entlang ihres Verfahrwegs in Längsrichtung L zwischen zwei Endpositionen, hier mit 6 (links) und 7 (rechts) angedeutet, wobei dieselbe Energieführungskette 2 in FIG.1 zu Darstellungszwecken in beiden Endstellungen gezeigt ist.

Die Führungsrinne 3 erstreckt sich in Längsrichtung L zumindest zwischen den Endpositionen 6 und 7 und ist über etwa eine Hälfte ihrer Länge zur ausgefahrenen Endposition 6 hin mit einer Anzahl fluchtender Gleitschienen 14 ausgerüstet. Die einzelne Gleitschiene 14 ist in FIG.4 näher gezeigt. Die Energieführungskette 2 bildet beim Verfahren einen Untertrum 12, einen Obertrum 13 und einen Umlenkbogen 15. Im dargestellten Ausführungsbeispiel verfährt die Energieführungskette 2 gleitend, d.h. der Obertrum 13 gleitet zunächst auf den Untertrum 12, wenn der Mitnehmer 5 sich zwischen dem Festpunkt 4 und der Endposition 7 befindet, oder aber auf den Gleitschienen 14, wenn der Mitnehmer 5 zwischen dem Festpunkt 4 und der ausgefahrenen Endposition 6 fährt.

Die Energieführungskette 2 ist aus zwei Laschensträngen aufgebaut, die in einer Querrichtung voneinander beabstandet sind und durch geeignete Querstege (nicht gezeigt) verbunden sind. Die Laschenstränge und die Querstege bilden einen Aufnahmeraum der Energieführungskette 2, in dem die geführten Versorgungsleitungen 9 aufgenommen sind. Die Laschenstränge sind aus miteinander verbundenen Kettenlaschen 11 aufgebaut, wobei jeweils zwei aufeinander

folgenden Kettenlaschen 11 begrenzt gegeneinander schwenkbar sind.

FIG.2A-2D zeigen verschiedene Ansichten eines erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels einer Kettenlasche

5 21. Der Körper der Kettenlasche 21 ist als ein Formteil 22 aus Kunststoff ausgeführt, das aus einem Thermoplast im Spritzgussverfahren hergestellt ist. Die Kettenlasche 21 ist plattenförmig und hat zwei Breitseiten 211, 212 und vier

10 Schmalseiten 213, 214, 215 und 216. Die Breitseiten 211, 212 verlaufen parallel zur Hauptebene der Kettenlasche 21, in der die Längsrichtung und senkrecht zur Längsrichtung L die Höhenrichtung liegt. Die Schmalseiten 215, 216 verlaufen in Längsrichtung L, die Schmalseiten 212, 213 verlaufen

15 gekrümmt im Wesentlichen in die Höhenrichtung. Die Kettenlasche 21 weist ferner einen zylindrischen Zapfen 218 (vgl. FIG.3B) für eine Aufnahme 219 zur Bildung einer Gelenkverbindung mit einer weiteren Kettenlasche 21

20 desselben Laschenstrangs und einen Vorsprung 230, in Form einer Rastnase, zur Verbindung mit Querstegen. FIG.2C zeigt einen Schnitt durch den Vorsprung 230. FIG.2D zeigt einen Schnitt durch die Aufnahme 219.

Die Schmalseiten 215, 216 der Kettenlasche 21 weisen bestimmungsgemäß zum Abgleiten bestimmte Gleitflächen 27

25 auf. Beim Abgleiten des Obertrums 13 der aus den Kettenlaschen 21 aufgebauten Energieführungskette 2 auf der Gleitschiene 14, 44 bzw. auf dem Untertrum 12 gleiten die Gleitflächen 27 der Schmalseiten 216 der Kettenlaschen 21 an

30 der Gleitfläche 47 der Gleitschiene 14, 44 bzw. an den Gleitflächen 27 der Kettenlaschen 21 des Untertrums 12. Besonders bei langen Fahrwegen bzw. bei hohen Geschwindigkeiten sind die Gleitflächen 27 unvermeidbarem Verschleiß ausgesetzt. Mit steigender Nutzungsdauer kann

durch übermäßigen Verschleiß eine Kettenlasche 21 beschädigt werden oder sogar brechen, was zum Bruch der Energieführungskette 2 und im schlimmsten Fall zum Bruch geführter Versorgungsleitungen 9 führen kann. Um dies zu vermeiden, ist mindestens eine Anzahl Kettenlaschen 21 der
5 Energieführungskette 2 mit einer besonderen Funktionsschaltung 24 zur Verschleißerkennung ausgestattet.

Die Funktionsschaltung 24 ist erfindungsgemäß auf dem Körper der Kettenlasche 21, d.h. auf dem Kunststoff-Formteil 22,
10 aufgebracht. Das Formteil 22 dient dabei als Schaltungsträger für die Funktionsschaltung 24.

Die Funktionsschaltung 24 weist eine Leiterbahnstruktur 25 auf, mit einem Detektionsbereich 26 und zwei Kontaktbereichen 29. Die Funktionsschaltung 24 ist passiv
15 und als Zweipol ausgeführt und dient in diesem Beispiel einer resistiven Verschleißerkennung, nämlich durch Leiterunterbrechung. Sie besteht lediglich aus den Leiterbahnen des Detektionsbereichs 26 und der Kontaktbereichen 29. Der Detektionsbereich 26 ist als ein
20 Abschnitt einer Leiterbahnstruktur, z.B. aus Silber oder Kupfer enthaltenden Partikeln, die durch 3D Druck auf das vorgefertigte Formteil 22 aufgedruckt wurden. Der Detektionsbereich 26 weist eine Schichtstärke von 5-100µm auf und eine Leiterbahnbreite von 0,5-5mm. Die
25 Kontaktbereiche 29 wurden ebenfalls durch 3D-Druck auf das vorgefertigte Formteil 22 aufgedruckt, vorzugsweise in einem Schritt mit dem Aufdrucken des Detektionsbereichs 26. Die Kontaktbereiche 29 weisen jedoch eine größere Schichtstärke, insbesondere von 250-500µm, auf.

30 Das Leitungsführungssystem 1 umfasst ferner eine nicht dargestellte, geeignete Auswerteschaltung, die durch eine Kontaktvorrichtung mit Federkontaktstiften mit den

Kontaktbereichen 29 der Funktionsschaltung 24 lösbar kontaktiert. So wird die Funktionsschaltung 24 zum Bestandteil der Auswerteschaltung. Die Verschleißerkennung funktioniert folgendermaßen: durch einen reibungsbedingten Verschleiß wird die Gleitfläche 27 bis zu einer bei der Konstruktion vorbestimmten Verschleißgrenze abgenutzt bzw. abgetragen, bis auch die Leiterbahn im Detektionsbereich 26, die die Verschleißgrenze markiert bzw. entlang der Verschleißgrenze verläuft, bis zur Leiterbahnunterbrechung beschädigt wird. So wird der Stromkreis unterbrochen und der kritische Verschleiß erkennbar. Auch andere z.B. induktive oder kapazitive Messprinzipien sind möglich.

FIG.3A-3D zeigen eine weitere Anordnung der Funktionsschaltung 34 an einer Kettenlasche 31. Die Kettenlasche 31 ist eine sog. gekröpfte Kettenlasche mit einem Zapfen 318 an einer Breitseite 311 und einer Aufnahme 320 an der gegenüberliegenden Breitseite 312, wobei Zapfen 318 und Aufnahme 320 aufeinanderfolgender Kettenlaschen 31 deren Gelenkverbindung bilden. Der Zapfen 318 und die Aufnahme 319 weisen zylindrische Bereiche mit Gleitflächen 37 auf. Beim Schwenken der beiden Kettenlaschen 31 gegeneinander gleiten die aneinander anliegenden zylindrischen Flächen des Zapfens 318 und der Aufnahme 319 aneinander, d.h. sind verschleißanfällig, insbesondere bei hohen Zugkräften d.h. vergleichsweise langen oder schnell fahrenden Energieführungsketten 1. Auch an den Gleitflächen 37 der Gelenkverbindung kann eine Funktionsschaltung 34 angeordnet werden, bspw. in einer Vertiefung an der Oberfläche der Aufnahme 319 oder des Zapfens 318, mit einem Abstand zur entsprechenden Gleitfläche 37. Der Aufbau der Funktionsschaltung 34 kann dabei FIG.2 entsprechen. Die Abnutzung dieser Gleitfläche 37 kann als eine Leiterbahnunterbrechung in der Funktionsschaltung 34

detektiert werden.

Auch weitere Ausführungsformen von Funktionsschaltungen liegen im Rahmen der Erfindung, bspw. mit einem kapazitiven, temperaturempfindlichen oder piezo-resistiven

5 Detektionsbereich. Sie können bspw. zum Erkennen einer verschleißbedingten Änderung eines Abstandes bzw. einer relativen Anordnung zweier überlappenden Kettenlaschen 31 zu einander. Mit geeigneten Funktionsschaltungen an Kettenlaschen kann insbesondere ein auftretendes Spiel
10 zwischen in einer Gelenkverbindung zwischen Zapfen 318 und Aufnahme 319, oder ein Spiel zwischen den Breitseiten 311, 312 der Kettenlaschen 31 im Überlappungsbereich erkannt werden, z.B. durch kapazitive oder induktive Messung, wie z.B. in WO 2019/201482 A1 beschrieben. Die entsprechende
15 Lehre bzgl. elektrisch geeigneter Funktionsschaltungen und deren Anordnung aus WO 2019/201482 A1 wird insoweit hier mit einbezogen.

Auch die Schmalseiten 313, 314 können Gleitflächen aufweisen. Bei Kettenlaschen 31 nach FIG.3A-3D ist z.B. zur
20 Seitenstabilisierung ein stirnseitiger, bogenförmiger Vorsprung 321 einer Kettenlasche 31 in eine entsprechende Aussparung bzw. Nut 322 einer überlappenden Kettenlasche 31 aufgenommen. Auch in diesem Bereich kann eine Funktionsschaltung 34 vorgesehen werden, z.B. um zu
25 überwachen, dass kein seitliches Auseinanderbrechen auftritt.

FIG.4 zeigt eine Gleitschiene 14, z.B. für eine Führungsrinne 3 nach FIG.1. Die Gleitschiene 14 weist bestimmungsgemäß eine Gleitfläche 47 auf. Die Gleitschiene
30 14 ist im Betriebsposition in der Führungsrinne 3 so angeordnet, dass die Gleitfläche 47 eine abstützende Lauffläche für die Energieführungskette 2 bereitstellt. In

der FIG.4 ist die Gleitschiene 14 perspektivisch von der Unterseite, die der Gleitfläche 47 abgewandt ist, gezeigt. Die Gleitschiene 14 hat einen in die Längsrichtung langgestreckten Körper, der als Formteil 42, vorzugsweise aus einem Tribopolymer, im Spritzgussverfahren hergestellt ist. Der Körper hat einen offenen Querschnitt, der als Winkelprofil ausgebildet ist. Der Körper verfügt über einen Befestigungsbereich 410 zur Befestigung an den Seitenteilen der Führungsrinne 3. Der Befestigungsbereich 410 weist hierzu Profilelemente 411 auf.

Das Formteil 42 dient erfindungsgemäß als Schaltungsträger für die Funktionsschaltung 44. In FIG.4 ist nur eine Funktionsschaltung 44 dargestellt. Die Gleitschiene 14 kann, je nach Baulänge, auch mehrere in die Längsrichtung voneinander beabstandete Funktionsschaltungen 44 aufweisen, zur Verschleißerkennung an verschiedenen Stellen entlang der Gleitschiene 14 und/oder Plausibilitätsprüfung. Die Funktionsschaltungen 44 sind an der Oberfläche 48 der Gleitschiene 14 angebracht, die der Gleitfläche 47 abgewandt ist. Die Funktionsschaltung 44 ist analog zu oben beschriebenen Funktionsschaltung 24 im Wesentlichen aus Leiterbahnen 45 und Kontaktbereichen 49 aufgebaut und funktioniert nach dem oben beschriebenen resistiven Prinzip. Jede Funktionsschaltung 44 kann dabei im Aufbau z.B. der Funktionsschaltung 24 aus FIG.2 entsprechen, mit einem bzgl. des Betriebsparameters sensitiven Detektionsbereich. Auch in der Funktionsschaltung 44 kann ergänzend oder alternativ ein kapazitives oder induktives Prinzip genutzt werden.

Die Funktionsschaltungen 24, 34, 44 aus FIG.2-4 umfassen dabei mindestens eine Leiterbahnstruktur 25, 35, die unmittelbar auf dem Formteil 22, 32 bzw. 42, das als Träger bzw. Substrat der Leiterbahnstruktur 25, 35 dient und

vergleichsweise erheblich geringere Leitfähigkeit hat, durch ein geeignetes additives Fertigungsverfahren aufgebracht ist.

**Kunststoff-Bauteile für Energieführungsketten mit
integrierter Sensorik**

5

Bezugszeichenliste

FIG.1

- 1 Leitungsführungssystem
- 2 Energieführungskette
- 10 3 Führungsrinne
- 4 Festpunkt
- 5 Mitnehmer
- 6, 7 Endpositionen
- 9 Versorgungsleitungen
- 15
- 11 Kettenlasche
- 12 Untertrum
- 13 Obertrum
- 15 Umlenkbogen
- 20 14 Gleitschiene
- L Längsrichtung

FIG.2A-2D

- 21 Kettenlasche
- 25 22 Formteil
- 24 Funktionsschaltung
- 25 Leiterbahnstruktur
- 26 Detektionsbereich
- 29 Kontaktbereich
- 30 27 Gleitflächen
- 28 Vertiefung
- 211, 212 Breitseiten
- 213, 214, 215, 216 Schmalseiten
- 218 (Gelenk-) Zapfen

219 (Gelenk-)Aufnahme
L Längsrichtung

FIG.3A-3D

5 31 Kettenlasche
34 Funktionsschaltung
35 Leiterbahnstruktur
37 Gleitflächen
311, 312 Breitseite
10 313, 314, 315, 316 Schmalseiten
318 Zapfen
319, 320 Aufnahme
321 Vorsprung
322 Nut

15

FIG.4

14 Gleitschiene
42 Formteil
44 Funktionsschaltung
20 47 Gleitfläche
48 Oberfläche
410 Befestigungsbereich
411 Profilelemente