

NEOROBOTIX

PATENT DOCUMENTATION

Functional Morpho Genesis™ (FMG)

System mit materialbasiert variierbarer funktionaler Körperstruktur
und Verfahren zum materialbasierten Variieren einer funktionalen
Körperstruktur

Patentnummer: DE102026110479

Dokumentenübersicht

Dokument	Patentanmeldung
Technologie	Functional Morpho Genesis™
Patentnummer	DE102026110479
Unternehmen	NEOROBOTIX GmbH
Status	Patentanmeldung
Anmeldedatum	13.03.2026

Hinweis

Diese Ausgabe dient als professionell gestaltete Unternehmensversion der Patentanmeldung.
Der technische Inhalt der Patentanmeldung bleibt unverändert und wird im weiteren Verlauf
übernommen.

**System mit materialbasiert variierbarer, funktionaler Körperstruktur und
Verfahren zum materialbasierten Variieren einer funktionalen Körperstruktur**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein System, insbesondere einen Roboter, umfassend eine Kernstruktur, eine funktionale Körperstruktur und eine Steuereinheit, wobei die funktionale Körperstruktur materialbasiert variabel ausgebildet ist, sowie ein Verfahren zum materialbasierten Variieren einer funktionalen Körperstruktur eines solchen Systems.

Herkömmliche robotische und mechatronische Systeme besitzen eine fest definierte physische Struktur. Anpassungsfähigkeit wird nahezu ausschließlich über Software, Regelung und Bewegungsplanung innerhalb dieser festen Struktur realisiert. Dies führt zu hoher mechanischer Komplexität (Motoren, Getriebe, Hydraulik), begrenzter Flexibilität, hohem Energie- und Wartungsaufwand sowie eingeschränkter Einsatzfähigkeit in unbekannten oder wechselnden Umgebungen.

Zum Überwinden zumindest einiger dieser Nachteile schlägt die WO 2021/123057 daher einen modular rekonfigurierbaren Roboter vor. Dabei ist vorgesehen, dass der Roboter einen Satz an Modulen umfasst, die mittels elektromechanischer Schnittstellen miteinander koppelbar sind. Die Flexibilität eines solchen Systems ist durch Anzahl und Struktur der Module allerdings ebenfalls eingeschränkt.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein System und Verfahren mit einer verbesserten Anpassungsfähigkeit, beispielsweise aufgaben- und/oder umgebungsabhängig, bereitzustellen.

Die Aufgabe wird durch ein System mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Der nebengeordnete Anspruch 11 betrifft ein entsprechendes Verfahren zum materialbasierten Variieren einer funktionalen Körperstruktur eines Systems. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind jeweils in den Unteransprüchen angegeben.

Demgemäß ist ein System vorgesehen, insbesondere ein Roboter, umfassend eine Kernstruktur, eine funktionale Körperstruktur und eine Steuereinheit. Dabei ist die funktionale Körperstruktur materialbasiert variabel ausgebildet und die Steuereinheit ist ausgebildet und eingerichtet, basierend auf einer Aufgabenstellung und/oder einem Umgebungsparameter eine physikalische Wirkstrategie zu bestimmen und basierend auf der bestimmten, physikalischen Wirkstrategie die funktionale Körperstruktur materialbasiert zu variieren.

Dadurch, dass die funktionale Körperstruktur basierend auf der physikalischen Wirkstrategie durch die Steuereinheit materialbasiert variabel ausgebildet ist, ermöglicht die Erfindung, dass das System seine physische Struktur, insbesondere selbstständig, anpassen kann. Somit kann das System flexibel auf unterschiedliche Anforderungen, wie Aufgaben und/oder Umgebungsbedingungen, reagieren. Die Anpassung der physischen Struktur kann somit eine erweiterte funktionale Flexibilität bereitstellen oder eine adaptive physische Reaktion unterstützen. Die funktionale Körperstruktur kann dabei als direktes Ausführungsorgan der bestimmten Wirkstrategie dienen.

Die Erfindung stellt somit ein gänzlich neues Funktionsprinzip bereit und eröffnet so neue Freiheitsgrade in Effizienz, Anpassungsfähigkeit und Systemarchitektur. Indem die Steuereinheit eine Aufgabenstellung und/oder einen Umgebungsparameter erfasst und basierend auf einer Analyse der erfassten Eingangsdaten im Rahmen einer physikalischen Strategieentscheidung ein physikalisches Wirkprinzip bestimmt, liegt der Fokus auf einer Morphologieentscheidung, bei der die Steuereinheit basierend auf der bestimmten, physikalischen Wirkstrategie eine physische Struktur der funktionalen Körperstruktur ermittelt und diese entsprechend materialbasiert variiert.

Als materialbasiertes Variieren wird vorliegend eine stoffliche Anpassung der funktionalen Körperstruktur verstanden. Dies kann beispielsweise ein Auftragen, Abtragen und/oder Bearbeiten eines Materials der funktionalen Körperstruktur umfassen. So kann sich das materialbasierte Variieren auf additive Fertigung, schichtweisen Aufbau oder andere materialbasierte Formgebungsverfahren beziehen. Das materialbasierte Variieren erfolgt aufgaben- und/oder umgebungsabhängig und kann zyklisch wiederholt werden.

Als physikalische Wirkstrategie wird die Auswahl eines grundlegenden physikalischen Wirkprinzips verstanden, insbesondere eines Kraftübertragungs-, Stütz-, Verdrängungs-, Auftriebs-, Strömungs-, Haft- und/oder Bewegungsprinzips. Das Bestimmen der Wirkstrategie kann auch eine Analyse von Sensordaten umfassen.

Unter einer Aufgabenstellung wird eine an das System gestellte Anforderung oder Zielvorgabe verstanden, als Umgebungsparameter eine Eigenschaft der Umgebung, beispielsweise eine Temperatur und/oder eine strukturelle Beschaffenheit der Umgebung. So kann die Aufgabenstellung direkt am System durch einen Benutzenden eingegeben werden, etwa mittels eines Touchpads oder eines vergleichbaren Eingabegeräts, oder aber auch drahtgebunden oder drahtlos übermittelt sein. Auch der Umgebungsparameter kann explizit vorgegeben sein. Alternativ oder zusätzlich kann das System ausgebildet und eingerichtet sein, die Aufgabenstellung und/oder den Umgebungsparameter selbst zu ermitteln, beispielsweise mittels geeigneter Sensorik oder etwa durch Abrufen der Aufgabenstellung aus einem Pool von Aufgabenstellungen.

Die Steuereinheit kann dazu eingerichtet sein, die Reihenfolge der Schritte so zu steuern, dass die Auswahl der physikalischen Wirkstrategie zeitlich vor der Variation der funktionalen Körperstruktur erfolgt. Die funktionale Körperstruktur kann in direkter Wechselwirkung mit der Kernstruktur stehen, wobei die Steuerung der Variation auf der Analyse der Aufgabenstellung und/oder des Umgebungsparameters basiert.

Die Steuereinheit kann Algorithmen umfassen, die auf künstliche Intelligenz gestützt sind oder umfassen und/oder auf maschinelles Lernen gestützt sind oder umfassen. So kann die Steuereinheit beispielsweise lernfähige, adaptive und/oder selbstoptimierende Algorithmen umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann die Steuereinheit biologische Referenzmodelle umfassen oder ausgebildet sein, auf biologische Referenzmodell zuzugreifen, um eine geeignete Variation der funktionalen Körperstruktur abzuleiten.

Die Kernstruktur kann als strukturell fester Bereich ausgebildet sein. So kann die Kernstruktur die Steuereinheit umfassen. Die Kernstruktur kann als zentrales Element für die Steuerung und Versorgung der variablen Körperstruktur dienen. Bevorzugt kann die Kernstruktur visuelle und/oder akustische Sensorik aufweisen. Alternativ oder zusätzlich kann die Kernstruktur eine akustische Ausgabe, etwa ausgebildet als Lautsprecher, aufweisen. Insbesondere kann die Sensorik und/oder die Ausgabe an

einem erhabenen Bereich oder einem erhabenen Teil der Kernstruktur, etwa einem als Kopf ausgebildeten Bereich, angeordnet sein.

Die funktionale Körperstruktur kann mehrteilig ausgeführt sein, also etwa mehrere Segmente wie Gliedmaßen oder Werkzeuge umfassen. Das materialbasierte Variieren kann eines, mehrere oder alle dieser Segmente umfassen.

Gemäß einer Weiterbildung umfasst das materialbasierte Variieren ein Erzeugen, ein Verändern und/oder ein Zurückbilden der funktionalen Körperstruktur.

Mittels Erzeugen der funktionalen Körperstruktur kann die funktionale Körperstruktur gezielt aufgebaut werden, wenn eine neue Aufgabenstellung oder ein veränderter Umgebungsparameter dies erfordert. Das System verbessert somit die Fähigkeit, eine zuvor nicht vorhandene oder vollständig entfernte funktionale Körperstruktur bereitzustellen.

Mittels Verändern der funktionalen Körperstruktur kann die bestehende funktionale Körperstruktur in ihrer Form, Zusammensetzung oder ihren mechanischen Eigenschaften angepasst werden. Das System erhöht somit die Flexibilität, auf unterschiedliche Anforderungen während des Betriebs zu reagieren, indem es die Struktur anpasst.

Mittels Zurückbilden der funktionalen Körperstruktur kann die funktionale Körperstruktur gezielt entfernt oder abgebaut werden, wenn sie nicht mehr benötigt wird. Das System reduziert den Materialeinsatz und schafft bevorzugt die Möglichkeit, Materialien für eine erneute Verwendung bereitzustellen.

Vorzugsweise umfasst die funktionale Körperstruktur zumindest einen formgebbaren Werkstoff. Dadurch kann die Struktur gezielt in ihrer Form angepasst werden. Die Verwendung eines formgebbaren Werkstoffs verbessert die Möglichkeit, die Körperstruktur materialbasiert zu rekonfigurieren. Dies erhöht die Flexibilität bei der Anpassung an unterschiedliche Aufgabenstellungen oder Umgebungsbedingungen.

Weiterhin kann die funktionale Körperstruktur beziehungsweise ein Segment der funktionalen Körperstruktur schichtweise aufgebaut sein. Die Erfindung ermöglicht so

eine gezielte und flexible Gestaltung der funktionalen Körperstruktur, insbesondere indem unterschiedliche Schichten unterschiedliche Funktionen erfüllen können.

Die einzelnen Schichten können in räumlicher Abfolge aneinander angeordnet sein. Die Materialzusammensetzung, Geometrie und Dicke einzelner Schichten kann variieren, um spezifische mechanische, funktionale oder sensorische Eigenschaften bereitzustellen. Die Wahl der Werkstoffe kann Metalle, Polymere, Verbundwerkstoffe oder andere geeignete Materialien umfassen.

Im Rahmen dieser Offenbarung kann sich der Begriff „schichtweise aufgebaut“ auf eine Struktur beziehen, bei der zwei oder mehr Materialschichten in aufeinanderfolgender Reihenfolge angeordnet sind. Jede Schicht kann eine spezifische Funktion übernehmen, beispielsweise als Tragstruktur, Funktionsschicht oder sensorisch aktive Schicht. Die Schichten können direkt aneinander angrenzen oder durch Zwischenschichten voneinander getrennt sein.

Nach einer Ausführungsform weist die funktionale Körperstruktur eine innere Tragstruktur und eine die innere Tragstruktur zumindest bereichsweise umgebende Funktionsschicht auf. Die Kombination aus innerer Tragstruktur und zumindest bereichsweise umgebender Funktionsschicht verbessert die Anpassung der Körperstruktur an unterschiedliche Belastungs- und Funktionsanforderungen.

Die innere Tragstruktur kann ausgebildet sein mechanische Lasten aufzunehmen und/oder zu verteilen. Die innere Tragstruktur kann als Skelett oder Rahmen ausgebildet sein, wobei die Geometrie an die zu übertragenden Kräfte angepasst werden kann. Die Tragstruktur kann insbesondere lastpfadoptimiert ausgeführt sein und bevorzugt Gitter-, Waben- und/oder Strebenstrukturen aufweisen. Die innere Tragstruktur kann faserverstärkten Verbundwerkstoff umfassen.

Die Funktionsschicht kann mechanische, elektrische und/oder sensorische Eigenschaften bereitstellen. Die Anordnung der Funktionsschicht um die Tragstruktur verbessert die Differenzierung von mechanischer Stabilität und funktionaler Anpassungsfähigkeit innerhalb der funktionalen Körperstruktur.

Die Wechselbeziehung zwischen Tragstruktur und Funktionsschicht kann die mechanische Integrität der Körperstruktur erhöhen und gleichzeitig die Integration aktiver oder sensorischer Funktionen ermöglichen. Die Anordnung kann die Vielseitigkeit der Körperstruktur erweitern, indem sie eine gezielte funktionale und mechanische Differenzierung bereitstellt.

Auch kann die funktionale Körperstruktur, insbesondere die Funktionsschicht der funktionalen Körperstruktur, einen Sensor umfassen. Der Sensor ist insbesondere zum Erfassen mechanischer, geometrischer und/oder struktureller Zustandsgrößen ausgelegt. Somit ermöglicht die Erfindung eine sensorbasierte Rückkopplung. Diese kann durch die Steuereinheit zum materialbasierten Variieren und/oder zum Steuern oder Regeln einer Aktorik des Systems genutzt werden.

Die funktionale Körperstruktur kann optional mehrere Sensoren umfassen, die unterschiedliche Zustandsgrößen erfassen. Die Sensoren können in verschiedenen Schichten oder Segmenten der Körperstruktur angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich kann eine Außenhaut der Körperstruktur Sensoren enthalten, die Berührung, Druck oder Kräfte detektieren. Die Sensorsignale können zur Regelung der Aktorik oder zur Anpassung der Körperstruktur verwendet werden.

Die Begriffe „mechanische Zustandsgröße“, „geometrische Zustandsgröße“ und „strukturelle Zustandsgröße“ können sich jeweils auf eine messbare physikalische Eigenschaft der funktionalen Körperstruktur beziehen. Mechanische Zustandsgrößen können Kräfte, Momente oder Dehnungen umfassen. Geometrische Zustandsgrößen können Längen, Winkel oder Krümmungen betreffen. Strukturelle Zustandsgrößen können Materialeigenschaften oder Integritätsparameter wie Festigkeit oder Schädigung abbilden.

Alternativ oder zusätzlich kann die funktionale Körperstruktur eine Leitungsstruktur für Medien umfassen. Die Leitungsstruktur kann dabei insbesondere, etwa mittels einer Verarbeitungseinheit, materialbasiert variierbar ausgeführt sein. Die Leitungsstruktur kann beispielsweise ein Rohr und/oder einen Kanal aufweisen beziehungsweise als ein Rohr und/oder ein Kanal ausgeführt sein. Die funktionale Körperstruktur ermöglicht somit den Transport einer Flüssigkeit, eines Gases oder auch eines festen Stoffs. Für einen

Transport des Mediums in der Leitungsstruktur kann das System eine Druckluft- oder Vakuumfunktion aufweisen.

Die funktionale Körperstruktur kann eine elektrische Leitungsstruktur aufweisen. Die elektrische Leitungsstruktur kann dabei insbesondere, etwa mittels einer Verarbeitungseinheit, materialbasiert variierbar ausgeführt sein, so dass die elektrische Leitungsstruktur bereichsweise und/oder entsprechend der physikalischen Wirkstrategie anpassbar ist, insbesondere geometrisch anpassbar ist. Die funktionale Körperstruktur ermöglicht somit das Leiten elektrischer Energie.

Gemäß einer Weiterbildung umfasst die funktionale Körperstruktur, insbesondere die Funktionsschicht, eine Aktorikschicht. Die Aktorikschicht weist insbesondere einen elektrisch stimulierbaren, elastischen Werkstoff auf. Mittels der Aktorikschicht ermöglicht das System eine Aktuierung der funktionalen Körperstruktur.

Die Aktorikschicht kann so angeordnet sein, dass sie die Tragstruktur der Körperstruktur umgibt oder mit dieser in Kontakt steht. Die Tragstruktur kann somit die Funktion eines Skeletts erfüllen, während die Aktorikschicht die Funktion eines Muskels übernehmen kann.

Der elektrisch stimulierbare, elastische Werkstoff umfasst zum Beispiel ein elektroaktives Polymer oder einen vergleichbaren elastischen Werkstoff, der auf elektrische Felder reagiert. Durch elektrische Ansteuerung kann so eine molekulare Umstrukturierung des Materials erreicht werden, wodurch kontrollierte Kontraktions-, Biege- oder Torsionsbewegungen erzeugt werden. Ein Aktuieren des Systems wird also ermöglicht, wobei der Einsatz klassischer Antriebssysteme wie Motoren, Getriebe oder Hydraulik vermieden oder aber zumindest reduziert werden kann.

Im Rahmen dieser Offenbarung kann sich der Begriff „Aktorikschicht“ auf eine Materialschicht beziehen, die dazu eingerichtet ist, insbesondere unter elektrischer Ansteuerung eine Form-, Längen-, Steifigkeits- oder Orientierungsänderung zu bewirken. Die Aktorikschicht kann als eigenständige Schicht oder als Teil einer mehrschichtigen Funktionsstruktur ausgebildet sein. Der elektrisch stimulierbare, elastische Werkstoff kann reversibel auf elektrische Signale reagieren, sodass wiederholte Anpassungen der Körperstruktur möglich sind.

Auch kann vorgesehen sein, dass die funktionale Körperstruktur einen magnetischen Werkstoff aufweist. So kann die funktionale Körperstruktur, insbesondere eine Funktionsschicht, etwa eine Aktorikschicht, bevorzugt eine Greifstruktur, beispielsweise einen statischen Magneten und/oder einen Elektromagneten aufweisen, um eine Handhabung magnetischer Bauteile zu ermöglichen. Dabei kann eine Verarbeitungseinheit insbesondere ausgebildet sein, eine magnetische Struktur, wie einen statischen Magneten oder einen Elektromagneten, materialbasiert zu erzeugen.

Vorzugsweise umfasst das System zumindest ein Schnittstellenmodul. Das Schnittstellenmodul ist zwischen der Kernstruktur und der funktionalen Körperstruktur oder innerhalb der funktionalen Körperstruktur angeordnet. Das Schnittstellenmodul kann beispielsweise zwischen unterschiedlichen Schichten oder unterschiedlichen Segmenten der funktionalen Körperstruktur angeordnet sein. Durch das zumindest eine Schnittstellenmodul ermöglicht die Erfindung die Kopplung verschiedener Systemkomponenten.

Während des Betriebs kann das Schnittstellenmodul eine mechanische, elektrische oder funktionale Verbindung zwischen der Kernstruktur und der funktionalen Körperstruktur herstellen oder innerhalb der funktionalen Körperstruktur zwischen unterschiedlichen Schichten oder Segmenten. Die Anordnung des Schnittstellenmoduls kann die Übertragung von Kräften, Signalen oder Materialien zwischen den verbundenen Bereichen unterstützen.

Das Schnittstellenmodul kann beispielsweise als Gelenkkörper ausgeführt sein, etwa als Wälzlager, Gleitlager und/oder hybride Lageranordnung. Alternativ oder zusätzlich kann das Schnittstellenmodul als Austragspunkt für die, beispielsweise additive, Erzeugung eines neuen Funktionskörpers oder ergänzenden Funktionskörpersegments ausgebildet sein.

Im Rahmen dieser Offenbarung kann sich das Schnittstellenmodul auf eine Komponente beziehen, die dazu eingerichtet ist, zwei strukturelle oder funktionale Bereiche des Systems miteinander zu verbinden oder zu entkoppeln. Das Schnittstellenmodul kann unterschiedliche Ausführungsformen aufweisen, etwa als mechanisches Gelenk, als Materialübergang oder als Funktionsschicht mit spezifischen Übertragungs- oder Kopplungseigenschaften. Das Schnittstellenmodul kann so gestaltet sein, dass es eine

Anpassung an verschiedene Geometrien oder Materialeigenschaften der angrenzenden Strukturen unterstützt.

Gemäß einer Weiterbildung ist die funktionale Körperstruktur, insbesondere die Funktionsschicht der funktionalen Körperstruktur, hinsichtlich ihrer Form, Länge, Steifigkeit und/oder Orientierung veränderbar. Die Veränderbarkeit erfolgt insbesondere infolge eines externen Einflusses. Der externe Einfluss umfasst beispielsweise eine externe Ansteuerung. Eine Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Aufgaben und Umgebungsbedingungen kann so verbessert werden.

Die funktionale Körperstruktur kann einen schichtweisen Aufbau aufweisen, wobei mindestens eine Funktionsschicht vorgesehen ist, deren Form, Länge, Steifigkeit und/oder Orientierung veränderbar ist. Die Funktionsschicht kann einen elektrisch stimulierbaren, elastischen Werkstoff umfassen, der auf eine externe Ansteuerung anspricht. Alternativ kann die Funktionsschicht andere aktive Materialien umfassen, die auf thermische, chemische oder elektromagnetische Einflüsse reagieren. Die Anpassung kann reversibel oder irreversibel ausgeführt sein.

Die Veränderbarkeit der Funktionsschicht kann auf einer molekularen Umstrukturierung des Materials beruhen, die durch externe Stimuli ausgelöst wird. Die Anpassung der mechanischen Eigenschaften kann eine Kontraktion, Dehnung, Biegung oder Torsion der Funktionsschicht umfassen. Optional kann die Funktionsschicht in Kombination mit einer sensorisch integrierten Außenhülle eingesetzt werden, um zusätzliche Funktionen wie Berührungserkennung oder Kraftmessung bereitzustellen.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Funktionsschicht eine Aktorikschicht und eine äußere Schicht wie eine Außenhaut. So kann die Aktorikschicht eine Beweglichkeit des Systems ermöglichen und die äußere Schicht einen Schutz der inneren Strukturen sowie eine Integration sensorischer Funktionen bereitstellen.

So kann die Funktionsschicht, insbesondere eine äußere Schicht wie eine Außenhaut, eine variable Haptik und/oder eine variable Oberflächenstruktur aufweisen. Dabei können unterschiedliche taktile Ausprägungen vorgesehen sein, etwa eine weiche, sensible Oberfläche vergleichbar zu einer menschlichen Hand und/oder eine raue oder griffige Oberfläche, beispielsweise für handwerkliche Anwendungen. Insbesondere kann

vorgesehen sein, dass die Funktionsschicht bereichsweise abhängig von der bestimmten, physikalischen Wirkstrategie unterschiedlich ausgestaltet ist. Auch eine grob strukturierte Oberfläche zur Erhöhung der Reibung bzw. Griffigkeit und/oder eine elastische oder mikrostrukturierte Oberfläche zur Aufnahme eines kleinen Elements, etwa eines Mikrobauteils, oder eines empfindlichen Objekts, etwa eines Insekts, ohne dieses zu beschädigen, kann vorgesehen sein. Weiterhin kann eine, insbesondere temporär, haftende Oberflächenstruktur vorgesehen sein, so dass ein Partikel oder ein Objekt durch Oberflächenmodifikation anhaften kann.

Weiterhin kann vorgesehen sein, dass die funktionale Körperstruktur, insbesondere eine äußere Schicht wie eine Außenhaut, einfärbbar ausgeführt ist. So kann beispielsweise vorgesehen sein, dass, bevorzugt mittels einer Verarbeitungseinheit, Farbpigmente und/oder ein entsprechendes Material materialbasiert in die funktionale Körperstruktur einbringbar sind. Bevorzugt ist eine Färbung der funktionalen Körperstruktur dynamisch veränderlich ausgebildet.

Ebenso kann die Funktionsschicht, insbesondere eine äußere Schicht wie eine Außenhaut, lichtleitende und/oder optische Leitungsstrukturen aufweisen. So kann die Funktionsschicht optische Fasern und/oder transparente Leitungskanäle aufweisen beziehungsweise bereichsweise als optische Faser und/oder transparenter Leitungskanal ausgeführt sein. So kann die Funktionsschicht optische Signale oder Bildinformationen übertragen, etwa für Anwendungen vergleichbar mit einem Endoskop oder zur visuellen Erfassung schwer zugänglicher Bereiche.

Vorzugsweise umfasst die Kernstruktur eine Verarbeitungseinheit zum materialbasierten Variieren der funktionalen Körperstruktur. Die Verarbeitungseinheit ermöglicht ein Steuern von Materialprozessen zum Variieren der funktionalen Körperstruktur, also dem Erzeugen, Verändern und/oder Rückbilden der funktionalen Körperstruktur. Hierzu kann die Steuereinheit ausgebildet und eingerichtet sein, die Verarbeitungseinheit basierend auf der bestimmten, physikalischen Wirkstrategie anzusteuern.

Die Materialeinheit umfasst zumindest einen Werkstofftank, der vorzugsweise mehrere getrennte Kammern zur Aufnahme unterschiedlicher Rohstoffe aufweist. Die Verarbeitungseinheit kann Material aus dem zumindest einen Werkstofftank verarbeiten

und gezielt an bestimmten Positionen der funktionalen Körperstruktur ablegen, entfernen oder umverteilen.

Die Verarbeitungseinheit kann so ausgelegt sein, dass sie verschiedene Materialarten verarbeitet, zum Beispiel Metalle, Polymere oder Verbundwerkstoffe. Die Materialarten können gemischt, thermisch aufbereitet, chemisch aktiviert und/oder durch UV-Licht, elektrische oder elektromagnetische Felder beeinflusst werden. Am Ausgang der Verarbeitungseinheit können eine oder mehrere Austragsdüsen angeordnet sein, über welche das Material, insbesondere schichtweise, abgelegt werden kann.

Die funktionale Körperstruktur beziehungsweise Segmente wie Gliedmaßen oder Werkzeuge der funktionalen Körperstruktur können so durch schichtweises Auftragen des Materials erzeugt werden, vergleichbar mit additiven Fertigungsverfahren. Die Geometrie, Materialverteilung und innere Struktur der funktionalen Körperstruktur beziehungsweise seiner Segmente können basierend auf der Aufgabenstellung und/oder dem Umgebungsparameter durch die Steuereinheit, beispielsweise unter Nutzung künstlicher Intelligenz, bestimmt werden.

Optional kann das System eine Recyclingfunktion umfassen, bei der die funktionale Körperstruktur nach Gebrauch zumindest teilweise rückgebaut wird, insbesondere durch die Verarbeitungseinheit, und die dabei gewonnenen Materialien erneut für die Erzeugung weiterer Strukturen verwendet werden. Gewonnenen Materialien können beispielsweise erneut einem Werkstofftank zugeführt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform ermöglicht die Erfindung eine Kombination aus additiver Fertigung, elektrisch stimulierbarer Aktorik, faserverstärkten Tragstrukturen, sensorischer Außenhaut sowie künstlicher Intelligenz zur selbstständigen Erzeugung, Veränderung und Rückbildung von Segmenten wie Gliedmaßen oder Werkzeugen der funktionalen Körperstruktur, um eine adaptive Körpermorphologie des Systems bereitzustellen.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist auf ein Verfahren zum materialbasierten Variieren einer funktionalen Körperstruktur eines, insbesondere erfindungsgemäßen, Systems gerichtet, das die folgenden Schritte umfasst:

- Erfassen einer Aufgabenstellung und/oder eines Umgebungsparameters;

- Bestimmen einer physikalischen Wirkstrategie basierend auf der erfassten Aufgabenstellung und/oder dem erfassten Umgebungsparameter; und
- Materialbasiertes Variieren der funktionalen Körperstruktur basierend auf der bestimmten, physikalischen Wirkstrategie.

Durch die Kombination der Schritte Erfassen einer Aufgabenstellung und/oder eines Umgebungsparameters, Bestimmen einer physikalischen Wirkstrategie basierend auf dem Erfassen und materialbasiertes Variieren der funktionalen Körperstruktur in Abhängigkeit von der bestimmten Wirkstrategie wird die Anpassung der physischen Struktur des Systems an wechselnde Anforderungen und Umgebungsbedingungen gesteuert. Dies verbessert die funktionale Flexibilität und erhöht die Reaktionsfähigkeit des Systems auf externe Einflüsse oder neue Aufgabenstellungen.

Das Erfassen der Aufgabenstellung kann die Aufnahme von Zielvorgaben, Anforderungen oder gewünschten Funktionen durch eine Benutzerschnittstelle, eine Sensorschnittstelle oder eine Kommunikationsschnittstelle umfassen. Das Erfassen eines Umgebungsparameters kann die Aufnahme von Messwerten, Zustandsdaten oder externen Einflüssen durch Sensoren oder externe Datenquellen umfassen. Das Verfahren kann so ausgestaltet sein, dass entweder ausschließlich eine Aufgabenstellung, ausschließlich ein Umgebungsparameter oder beide erfasst werden.

Das Bestimmen der physikalischen Wirkstrategie kann die Auswahl eines physikalischen Wirkprinzips, wie Kraftübertragung, Stützen, Verdrängung, Auftrieb, Strömung, Haftung oder Bewegung, umfassen. Die Auswahl erfolgt in Abhängigkeit von den zuvor erfassten Daten.

Das materialbasierte Variieren kann ein Anpassen der funktionalen Körperstruktur durch gezielte Materialprozesse, wie schichtweises Auftragen, Entfernen oder Umverteilen von Werkstoffen, umfassen.

Bei einigen Ausgestaltungen erfolgt das Erfassen kontinuierlich oder wiederholend, insbesondere auch während des materialbasierten Variierens. Das Bestimmen der physikalischen Wirkstrategie kann basierend auf dem kontinuierlichen oder wiederholenden Erfassen erfolgen, so dass die physikalische Wirkstrategie adaptiv, beispielsweise in Abhängigkeit von Sensor- oder Umgebungsdaten, angepasst werden

kann. Auch können Parameter des materialbasierten Variierens so angepasst werden, insbesondere zur Einhaltung vorgegebener mechanischer oder geometrischer Eigenschaften. Das Anpassen der physikalischen Wirkstrategie und/oder eines Parameters des materialbasierten Variierens kann insbesondere in Echtzeit erfolgen.

Das kontinuierliche oder wiederholende Erfassen verbessert somit die Aktualität der Eingangsdaten für die Steuerung des Systems. Die Anpassung der physikalischen Wirkstrategie und/oder der funktionalen Körperstruktur auf Basis der fortlaufend erfassten Daten erhöht die Reaktionsfähigkeit des Systems gegenüber sich ändernden Bedingungen. Die dynamische Anpassung der Wirkstrategie während des Variierens der Körperstruktur verbessert die Funktionalität und Flexibilität des Systems in wechselnden Einsatzszenarien.

Gemäß einer Weiterbildung umfasst das Variieren ein Erzeugen, ein Verändern und/oder ein Zurückbilden der funktionalen Körperstruktur.

Durch das Erzeugen der funktionalen Körperstruktur ermöglicht die Erfindung, dass eine zuvor nicht vorhandene oder vollständig entfernte Struktur materialbasiert neu aufgebaut wird. Dadurch kann das System neue funktionale Körpersegmente bereitstellen, die an eine aktuelle Aufgabenstellung oder Umgebungsbedingung angepasst sind. Die technische Wirkung besteht darin, dass das System in der Lage ist, gezielt neue Strukturen zu schaffen, wodurch die Anpassungsfähigkeit an wechselnde Anforderungen verbessert wird.

Durch das Verändern der funktionalen Körperstruktur ermöglicht die Erfindung, dass eine bestehende Struktur in ihrer Form, Geometrie, Materialverteilung oder anderen physikalischen Eigenschaften modifiziert wird. Dadurch kann das System bestehende Strukturen anpassen, ohne sie vollständig zu entfernen oder neu zu erzeugen. Die technische Wirkung besteht darin, dass das System bestehende Strukturen flexibel anpasst, wodurch die Funktionsfähigkeit unter veränderten Bedingungen erhalten oder optimiert wird.

Durch das Zurückbilden der funktionalen Körperstruktur ermöglicht die Erfindung, dass eine bestehende Struktur materialbasiert entfernt oder in einen früheren Zustand zurückgeführt wird. Dadurch kann das System nicht mehr benötigte Segmente wie

Gliedmaßen oder Werkzeuge abbauen und die verwendeten Materialien optional erneut für den Aufbau anderer Strukturen nutzen. Die technische Wirkung besteht darin, dass das System die physische Struktur gezielt reduziert, wodurch Materialressourcen effizienter verwendet und die Anpassungsfähigkeit an neue Aufgabenstellungen erhöht werden.

Vorzugsweise erfolgt nach dem Bestimmen der physikalischen Wirkstrategie ein Erstellen einer Bewegungs- und/oder Aktorsteuerung, insbesondere in Abhängigkeit von bestimmten, physikalischen Wirkstrategie und/oder der materialbasiert zu variierenden Körperstruktur. Dadurch kann die Bewegungssteuerung gezielt auf die Anforderungen der bestimmten Wirkstrategie und/oder die zu variierende funktionale Körperstruktur abgestimmt werden. Dies verbessert die Anpassung der Bewegungsabläufe an die jeweils materialbasiert erzeugte oder veränderte funktionale Körperstruktur.

Alternativ oder zusätzlich erfolgt ein Erstellen einer Aktorsteuerung nach der Bestimmung der physikalischen Wirkstrategie. Das Erstellen der Aktorsteuerung legt Steuerungsparameter für Aktoren, insbesondere in Abhängigkeit von der bestimmten physikalischen Wirkstrategie, fest. Dadurch kann die Aktorsteuerung gezielt auf die mechanischen und funktionalen Eigenschaften der erzeugten oder veränderten Körperstruktur abgestimmt werden. Dies verbessert die Steuerung der Aktoren hinsichtlich Form-, Längen-, Steifigkeits- oder Orientierungsänderungen der funktionalen Körperstruktur.

Nach einer Ausführungsform erfolgt nach einem materialbasierten Variieren mittels Zurückbilden der funktionalen Körperstruktur ein Recyceln zumindest eines Teils des Werkstoffs der zurückgebildeten Körperstruktur. Dieser Schritt verbessert die Ressourcennutzung, da das zurückgewonnene Material erneut für die Erzeugung oder Veränderung funktionaler Körperstrukturen verwendet werden kann. Das Recycling reduziert den Bedarf an zusätzlichem Rohmaterial und begrenzt die Menge an Abfallstoffen, die während des Betriebs des Systems entstehen. Die Wiederverwendung des Werkstoffs stabilisiert den Materialkreislauf innerhalb des Systems und erhöht die Nachhaltigkeit des Betriebs.

Die für das erfindungsgemäße System offenbarten Details und Vorteile sind auf das erfindungsgemäße Verfahren übertrag- und anwendbar und umgekehrt.

Weitere Eigenschaften, Vorteile und Merkmale der Erfindung sind in der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungen der Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen erkennbar, in denen zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel eines Systems mit Kernstruktur, materialbasiert variabler, funktionaler Körperstruktur und Steuereinheit; und

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum materialbasierten Variieren einer funktionalen Körperstruktur eines Systems.

Figur 1 zeigt ein System 100, hier einen Roboter 100, umfassend eine Kernstruktur 10, eine funktionale Körperstruktur 20 und eine Steuereinheit 11. Die funktionale Körperstruktur 20 ist materialbasiert variabel ausgebildet und die Steuereinheit 11 ist ausgebildet und eingerichtet, basierend auf einer Aufgabenstellung und/oder einem Umgebungsparameter eine physikalische Wirkstrategie zu bestimmen und basierend auf der bestimmten, physikalischen Wirkstrategie die funktionale Körperstruktur 20 materialbasiert zu variieren.

Die Kernstruktur 10 umfasst hier einen Kopf 13 mit visueller und akustischer Sensorik 14, 15 sowie akustischer Ausgabe 16. So kann die visuelle Sensorik 14 beispielsweise als eine Kamera ausgeführt sein oder umfassen und die akustische Sensorik 15 als ein Mikrofon ausgeführt sein oder umfassen. Weiterhin kann die akustische Ausgabe 16 einen Lautsprecher aufweisen. Visuelle und akustische Sensorik 14, 15 sowie akustische Ausgabe 16 sind hierbei signalverbunden mit der Steuereinheit 11, beispielsweise drahtgebunden oder auch drahtlos.

Die Kernstruktur 10 umfasst zudem die Steuereinheit 11. Diese kann wie in Figur 1 gezeigt in einem Rumpf des Roboters 100 angeordnet sein. Alternativ kann die Steuereinheit aber auch im Kopf 13 angeordnet sein und/oder als verteiltes System ausgeführt sein.

Vorliegend ist die Steuereinheit 11 als eine zentrale Recheneinheit mit künstlicher Intelligenz (KI) ausgestaltet, beispielsweise indem sie lernfähige, adaptive und/oder selbstoptimierende Algorithmen umfasst. So kann das Bestimmen der physikalischen Wirkstrategie beispielsweise eine KI-gestützte Strategie- und Morphologieentscheidung

umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann das Bestimmen ein Nutzen biologischer Referenzmodelle umfassen, um optimierte Lösungsprinzipien abzuleiten.

Die Kernstruktur umfasst zudem eine Verarbeitungseinheit 12 zum materialbasierten Variieren der funktionalen Körperstruktur 20, die hier im Rumpf des Roboters 100 integriert ist. Die Verarbeitungseinheit 20 kann zumindest einen Werkstofftank 17 mit vorzugsweise mehreren, getrennten Kammern 171, 172 zur Aufnahme unterschiedlicher Rohstoffe aufweisen.

Die Werkstoffe können in der Verarbeitungseinheit 12 gemischt, thermisch aufbereitet, chemisch aktiviert und/oder durch UV-Licht, elektrische oder elektromagnetische Felder beeinflusst werden. Am Ausgang der Verarbeitungseinheit 12 können eine oder mehrere Austragsdüsen angeordnet sein, über welche der Werkstoff, insbesondere schichtweise, abgelegt werden kann.

So können Segmente der funktionalen Körperstruktur 20, wie Gliedmaßen oder Werkzeuge des Roboters 100, durch schichtweises Auftragen des Werkstoffs erzeugt werden, etwa mittels additiver Fertigungsverfahren. Die Geometrie, Materialverteilung und innere Struktur der funktionalen Körperstruktur 20 beziehungsweise der Segmente werden dabei durch die Steuereinheit 11 basierend auf der bestimmten, physikalischen Wirkstrategie bestimmt.

Der Roboter 100 kann ausgebildet sein, eine zurückgebildete funktionale Körperstruktur 20, etwa ein oder mehrere Segmente, zu recyceln. Hierzu kann der Roboter 100, insbesondere die Verarbeitungseinheit 12, eine Recyclingvorrichtung aufweisen, mittels der eine funktionale Körperstruktur 20 wieder in ihre Rohstoffe zerlegt werden kann. Die aufbereiteten Materialien werden bevorzugt dem Werkstofftank 17 erneut zugeführt.

Die funktionale Körperstruktur 20 ist hier zudem schichtweise nach einem Skelett-Muskel-Haut-Prinzip aufgebaut, wie schematisch in dem vergrößerten Ausschnitt A gezeigt. So umfasst die funktionale Körperstruktur 20 eine innere Tragstruktur 21, die als Skelett des Roboters 100 fungieren kann.

Die innere Tragstruktur 21 kann insbesondere einen faserverstärkte Verbundwerkstoff aufweisen. Die innere Tragstruktur 21 kann weiterhin lastpfadoptimiert ausgeführt sein

und beispielsweise eine Gitter-, Waben- und/oder Strebenstruktur aufweisen. Bevorzugt ist die Geometrie der inneren Tragstruktur 21 an die mechanische Belastung angepasst, wobei die Auslegung insbesondere mittels der Steuereinheit 11 basierend auf der bestimmten, physikalischen Wirkstrategie erfolgt.

Weiterhin umfasst die funktionale Körperstruktur 20 eine die innere Tragstruktur 21 zumindest bereichsweise umgebende Funktionsschicht 22. Vorliegend ist die Funktionsschicht 22 mehrteilig aufgebaut und weist eine oder mehrere Aktorikschichten 23 auf, die die innere Tragstruktur 21 zumindest bereichsweise umgebend angeordnet sind.

Die Aktorikschicht 23 umfasst bevorzugt einen elektrisch stimulierbaren, elastischen Werkstoff. So kann durch elektrische Ansteuerung eine molekulare Umstrukturierung des Werkstoffs erreicht werden, wodurch kontrollierte Kontraktions-, Biege- oder Torsionsbewegungen erzeugt werden können, so dass die Funktionsschicht 22 hinsichtlich ihrer Form, Länge, Steifigkeit und/oder Orientierung veränderbar ist. Die elektrische Ansteuerung kann mittels der Steuereinheit 11 oder einer externen Steuerung erfolgen.

Der Roboter 100 kann zumindest ein Schnittstellenmodul umfassen, das zwischen der Kernstruktur 10 und der funktionalen Körperstruktur 20 oder innerhalb der funktionalen Körperstruktur 20, beispielsweise zwischen unterschiedlichen Schichten oder Segmenten der funktionalen Körperstruktur 20, angeordnet ist.

So kann das Schnittstellenmodul etwa als Gelenkmodul ausgebildet sein, beispielsweise als Wälzlager, Gleitlager oder hybride Lageranordnung. Alternativ oder zusätzlich kann das Schnittstellenmodul als Austragspunkt für die, insbesondere additive, Erzeugung oder Änderung neuer Funktionskörper oder -segmente dienen.

Die Funktionsschicht 22 weist hier weiterhin eine äußere Schicht 24 auf, die die funktionale Körperstruktur 20 zumindest bereichsweise umgibt. Bevorzugt ist die äußere Schicht 24 flexibel und/oder elastisch ausgeführt. So kann die äußere Schicht 24 einen Schutz der inneren Strukturen 10, 21, 22 bereitstellen sowie der der ästhetischen Gestaltung dienen. Alternativ oder zusätzlich kann die äußere Schicht 24 einen Sensor umfassen und somit die Integration sensorischer Funktionen ermöglichen, insbesondere

zum Erfassen mechanischer, geometrischer und/oder struktureller Zustandsgrößen. Ein Sensor kann alternativ oder zusätzlich auch in einer anderen Schicht 21, 23 der funktionalen Körperstruktur 20 und/oder zwischen den Schichten 21, 23, 24 der funktionalen Körperstruktur 20 vorgesehen sein.

Der Sensor kann zur Erfassung von Berührung, Druck, Kräften und/oder einer Dehnung ausgebildet sein. Ein erfasstes Signal des Sensors kann beim Bestimmen der physikalischen Wirkstrategie und/oder zur Steuerung oder Regelung einer Aktorik des Roboters 100, beispielsweise zur elektrischen Stimulation der Aktorikschicht 23, genutzt werden. Bevorzugt ist der Sensor mit der Steuereinheit 11 drahtgebunden oder drahtlos signalverbunden.

Der Roboter 100, insbesondere die Steuereinheit 11, ist ausgebildet und eingerichtet, ein Verfahren zum materialbasierten Variieren der funktionalen Körperstruktur 20 des Roboters 100 auszuführen. Ein solches Verfahren ist in Figur 2 schematisch gezeigt und umfasst die Schritte:

- Erfassen S10 einer Aufgabenstellung und/oder eines Umgebungsparameters;
- Bestimmen S20 einer physikalischen Wirkstrategie basierend auf der erfassten Aufgabenstellung und/oder dem erfassten Umgebungsparameter; und
- Materialbasiertes Variieren S30 der funktionalen Körperstruktur 20 basierend auf der bestimmten, physikalischen Wirkstrategie.

Das Bestimmen S20 umfasst dabei eine Analyse der Aufgabenstellung und/oder der Umgebungsbedingung und ein Auswählen einer physikalischen Lösungsstrategie. Basierend auf der so bestimmten, physikalischen Wirkstrategie leitet die Steuereinheit 11 eine geeignete Körpermorphologie ab, die mittels des materialbasierten Variierens S30, insbesondere mittels Erzeugen, Verändern und/oder Zurückbilden der funktionalen Körperstruktur 20 bereitgestellt wird.

Das Erfassen S10 der Aufgabenstellung und/oder des Umgebungsparameters kann kontinuierlich oder wiederholend erfolgen, insbesondere auch während des materialbasierten Variierens S30 der funktionalen Körperstruktur 20. Bevorzugt erfolgt ein Anpassen der physikalischen Wirkstrategie basierend auf dem kontinuierlichen oder wiederholenden Erfassen S10. Nach dem Bestimmen S20 der physikalischen Wirkstrategie kann zudem ein Erstellen einer Bewegungs- und/oder Aktorsteuerung

erfolgen. Weiterhin kann nach einem materialbasierten Variieren S30 mittels Zurückbilden der funktionalen Körperstruktur 20 ein Recyceln zumindest eines Teils des Werkstoffs der zurückgebildeten Körperstruktur 20 erfolgen.

Figur 2 zeigt beispielhaft eine Anwendung des Verfahrens bei einer Flussüberquerung. So trifft der Roboter 100 hier auf einen Fluss 200. Mittels Daten der visuellen und akustischen Sensorik 14, 15 sowie gegebenenfalls weiterer Sensoren erfasst und analysiert die Steuereinheit 11 in einem ersten Schritt S10 Umgebungsparameter wie Tiefe, Strömung und Breite des Flusses 200.

Abhängig davon bestimmt die Steuereinheit 11 in einem zweiten Schritt S20 eine physikalische Wirkstrategie und wählt dabei eine geeignete Fortbewegungsstrategie. So kann die Steuereinheit beispielsweise die Methoden Gehen, Schwimmen, Oberflächenlauf, Fliegen anhand der erfassten Umgebungsparameter bewerten und die am besten geeignete Methode auswählen. Basierend auf der so bestimmten, physikalischen Wirkstrategie variiert der Roboter 100 in einem dritten Schritt S30 selbstständig die funktionale Körperstruktur 20 mittels Erzeugen, Verändern und/oder Zurückbilden. Abhängig von der zur Flussüberquerung gewählten Fortbewegungsmethode kann die Steuereinheit 11 die Verarbeitungseinheit 12 beispielsweise zum Herstellen von Beinen, Flossen, einem Schwanz oder Flügeln ansteuern.

System 100 und Verfahren sind infolge der variablen, funktionalen Körperstruktur 20 in vorteilhafter Weise für eine Vielzahl von Anwendungen geeignet.

So kann das System 100 ein autonom betriebenes Inspektionssystem sein, das in einer strukturell variablen Umgebung eingesetzt wird, beispielsweise innerhalb von industriellen Anlagen, Rohrsystemen oder technischen Hohlräumen.

Das System 100 erfasst in einem ersten Schritt 100 eine Aufgabenstellung, etwa die Überbrückung eines Abstands, die Abstützung gegen eine Oberfläche oder die temporäre Erzeugung einer Greif- oder Haltestruktur.

Auf Basis dieser Aufgabenstellung bestimmt die Steuereinheit 11 in einem zweiten Schritt S20 eine physikalische Wirkstrategie, beispielsweise ein Stütz-, Kraftübertragungs- oder Haftprinzip.

Erst auf Grundlage dieser bestimmten, physikalischen Wirkstrategie ermittelt die Steuereinheit 11, welche funktionale Körperstruktur 20 zur Lösung der Aufgabenstellung erforderlich ist. Die funktionale Körperstruktur 20 wird anschließend materialbasiert erzeugt, beispielsweise durch schichtweisen Aufbau aus einem formbaren Werkstoff mittels der Verarbeitungseinheit 12, sodass eine an die Aufgabenstellung angepasste physische Funktion bereitgestellt wird.

Die erzeugte funktionale Körperstruktur 20 kann während der Nutzung verändert oder nach Abschluss der Aufgabe zumindest teilweise rückgebaut werden, wobei die dabei gewonnenen Materialien erneut zur Erzeugung funktionaler Körperstrukturen 20 verwendet werden.

In einer weiteren beispielhaften Ausführungsform betrifft das System 100 ein adaptives Handhabungssystem zur Manipulation unterschiedlich geformter Objekte.

Die Steuereinheit 11 des Systems erfasst S10 eine Aufgabenstellung, beispielsweise das Greifen, Halten oder Positionieren eines Objekts mit unbekannter oder variabler Geometrie. Auf Grundlage dieser Aufgabenstellung bestimmt S20 die Steuereinheit 11 dann eine physikalische Wirkstrategie, etwa ein Haft-, Umschließungs- oder Kraftverteilungsprinzip.

Erst auf Basis dieser Wirkstrategie legt die Steuereinheit 11 eine geeignete funktionale Körperstruktur 20 fest, die materialbasiert variiert S30 wird. Die funktionale Körperstruktur 20 kann mehrere funktionale Segmente umfassen, deren geometrische Ausprägung und mechanische Eigenschaften auf die jeweilige Aufgabe abgestimmt sind.

Während der Nutzung erfasste Sensordaten können zur Anpassung der funktionalen Körperstruktur 20 herangezogen werden. Nach Abschluss der Aufgabe kann die funktionale Körperstruktur 20 zumindest teilweise rückgebaut und das Material erneut verwendet werden.

In einer weiteren beispielhaften Ausführungsform betrifft das System 100 ein temporäres Verbindungssystem zwischen technischen Komponenten.

Die Steuereinheit 11 des Systems 100 erfasst S10 eine Aufgabenstellung, etwa die Notwendigkeit, zwei Komponenten zeitlich begrenzt mechanisch zu koppeln, Kräfte zu übertragen oder Bewegungen zu begrenzen. Auf Basis der Aufgabenstellung bestimmt S20 die Steuereinheit 11 eine physikalische Wirkstrategie, beispielsweise ein Kraftschluss-, Formschluss- oder Dämpfungsprinzip.

In Abhängigkeit von der abgeleiteten Wirkstrategie variiert S30 die Steuereinheit 11 die funktionale Körperstruktur 20 materialbasiert, die die erforderliche physische Funktion bereitstellt. Die funktionale Körperstruktur 20 kann dabei während der Nutzung in ihrer Form oder Steifigkeit verändert werden.

Nach Beendigung der Verbindung kann die funktionale Körperstruktur 20 rückgebaut werden, wobei die Materialien erneut zur Erzeugung funktionaler Körperstrukturen 20 verwendet werden können.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein, wobei der Schutzzumfang durch die Ansprüche bestimmt ist.

Bezugszeichenliste

10	Kernstruktur
11	Steuereinheit
12	Verarbeitungseinheit
13	Kopf
14	Visuelle Sensorik
15	Akustische Sensorik
16	Akustische Ausgabe
17	Werkstofftank
20	Funktionale Körperstruktur
21	Tragstruktur
22	Funktionsschicht
23	Aktorikschicht
24	Äußere Schicht
100	System, Roboter
171, 172	Kammer
200	Fluss

Ansprüche

1. System (100), insbesondere Roboter, umfassend eine Kernstruktur (10), eine funktionale Körperstruktur (20) und eine Steuereinheit (11), wobei die funktionale Körperstruktur (20) materialbasiert variabel ausgebildet ist und wobei die Steuereinheit (11) ausgebildet und eingerichtet ist, basierend auf einer Aufgabenstellung und/oder einem Umgebungsparameter eine physikalische Wirkstrategie zu bestimmen und basierend auf der bestimmten, physikalischen Wirkstrategie die funktionale Körperstruktur (20) materialbasiert zu variieren.
2. System (100) nach Anspruch 1, bei dem das materialbasierte Variieren ein Erzeugen, ein Verändern und/oder ein Zurückbilden der funktionalen Körperstruktur (20) umfasst.
3. System (100) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die funktionale Körperstruktur (20) zumindest einen formgebbaren Werkstoff umfasst.
4. System (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die funktionale Körperstruktur (20) schichtweise aufgebaut ist.
5. System (100) nach Anspruch 4, bei dem die funktionale Körperstruktur (20) eine innere Tragstruktur (21) und eine die inneren Tragstruktur (21) zumindest bereichsweise umgebende Funktionsschicht (22) aufweist.
6. System (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die funktionale Körperstruktur (20), insbesondere eine Funktionsschicht (22) der funktionalen Körperstruktur (20), einen Sensor, insbesondere zum Erfassen mechanischer, geometrischer und/oder struktureller Zustandsgrößen, umfasst.
7. System (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die funktionale Körperstruktur (20), insbesondere eine Funktionsschicht (22) der funktionalen Körperstruktur (20), eine Aktorikschicht (23) umfasst, wobei die Aktorikschicht (23) insbesondere einen elektrisch stimulierbaren, elastischen Werkstoff aufweist.

8. System (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, umfassend zumindest ein Schnittstellenmodul, wobei das Schnittstellenmodul zwischen der Kernstruktur (10) und der funktionalen Körperstruktur (20) oder innerhalb der funktionalen Körperstruktur (20), beispielsweise zwischen unterschiedlichen Schichten der funktionalen Körperstruktur (20), angeordnet ist.
9. System (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die funktionale Körperstruktur (20), insbesondere eine Funktionsschicht (22) der funktionalen Körperstruktur (20), hinsichtlich ihrer Form, Länge, Steifigkeit und/oder Orientierung veränderbar ist, insbesondere infolge eines externen Einflusses, beispielsweise einer externen Ansteuerung.
10. System (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Kernstruktur (10) eine Verarbeitungseinheit (12) zum materialbasierten Variieren der funktionalen Körperstruktur (20) umfasst.
11. Verfahren zum materialbasierten Variieren einer funktionalen Körperstruktur (20) eines Systems (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, umfassend die Schritte:
 - Erfassen (S10) einer Aufgabenstellung und/oder eines Umgebungsparameters;
 - Bestimmen (S20) einer physikalischen Wirkstrategie basierend auf der erfassten Aufgabenstellung und/oder dem erfassten Umgebungsparameter; und
 - Materialbasiertes Variieren (S30) der funktionalen Körperstruktur (20) basierend auf der bestimmten, physikalischen Wirkstrategie.
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem das Erfassen (S10) kontinuierlich oder wiederholend erfolgt, insbesondere auch während des materialbasierten Variierens (S30), und bevorzugt ein Anpassen der physikalischen Wirkstrategie basierend auf dem kontinuierlichen oder wiederholenden Erfassen (S10) erfolgt.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem das Variieren (S30) ein Erzeugen, ein Verändern und/oder ein Zurückbilden der funktionalen Körperstruktur (20) umfasst.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, bei dem nach dem Bestimmen (S20) der physikalischen Wirkstrategie ein Erstellen einer Bewegungs- und/oder Aktorsteuerung erfolgt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, bei dem nach einem materialbasierten Variieren (S30) mittels Zurückbilden der funktionalen Körperstruktur (20) ein Recyceln zumindest eines Teils des Werkstoffs der zurückgebildeten Körperstruktur (20) erfolgt.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein System (100), insbesondere Roboter, umfassend eine Kernstruktur (10), eine funktionale Körperstruktur (20) und eine Steuereinheit (11). Dabei ist die funktionale Körperstruktur (20) materialbasiert variabel ausgebildet und die Steuereinheit (11) ist ausgebildet und eingerichtet, basierend auf einer Aufgabenstellung und/oder einem Umgebungsparameter eine physikalische Wirkstrategie zu bestimmen und basierend auf der bestimmten, physikalischen Wirkstrategie die funktionale Körperstruktur (20) materialbasiert zu variieren. Die Erfindung ist weiterhin auf ein Verfahren zum materialbasierten Variieren einer funktionalen Körperstruktur (20) eines erfindungsgemäßen Systems (100) gerichtet.

[Fig. 1]

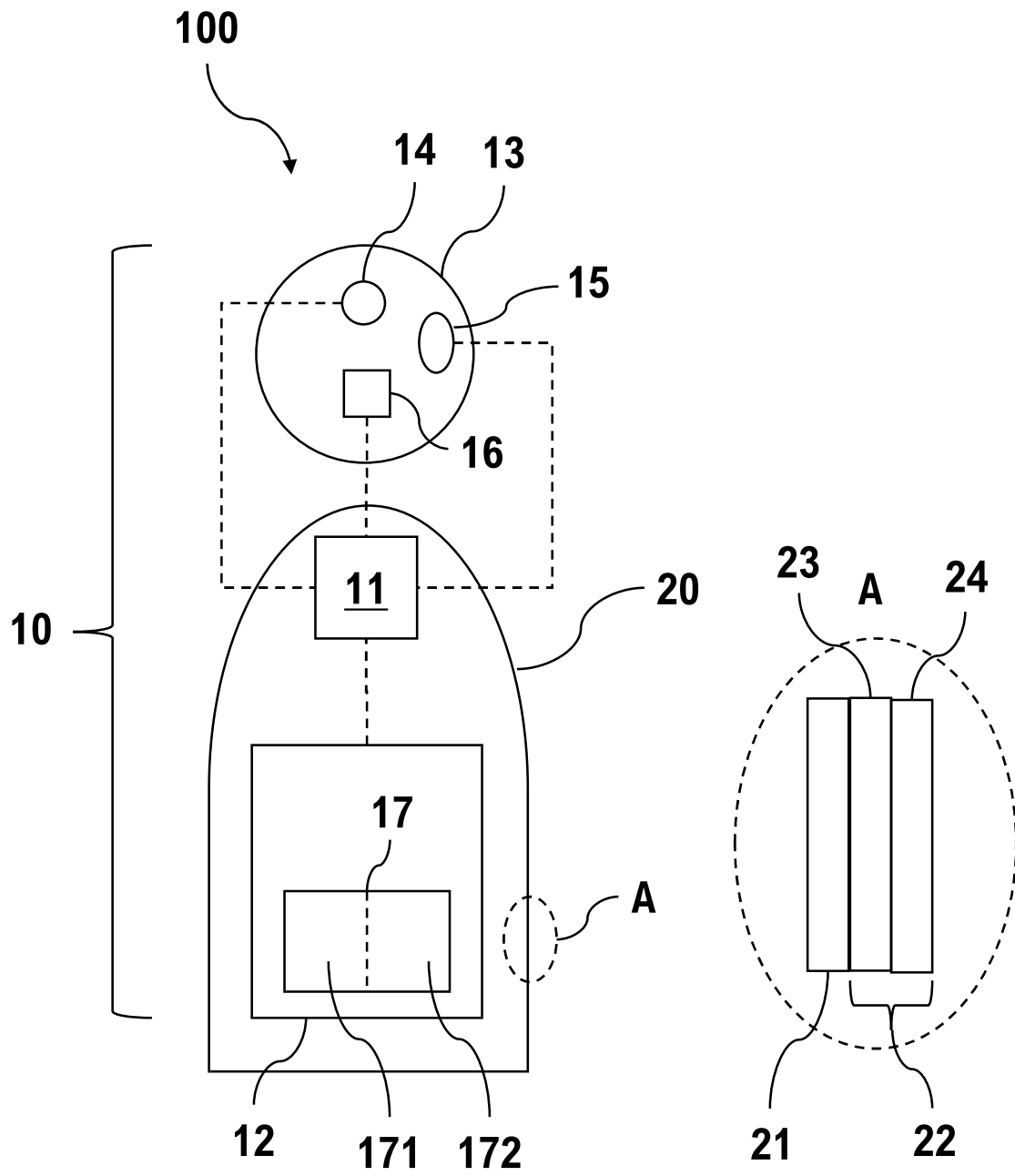


Fig. 1

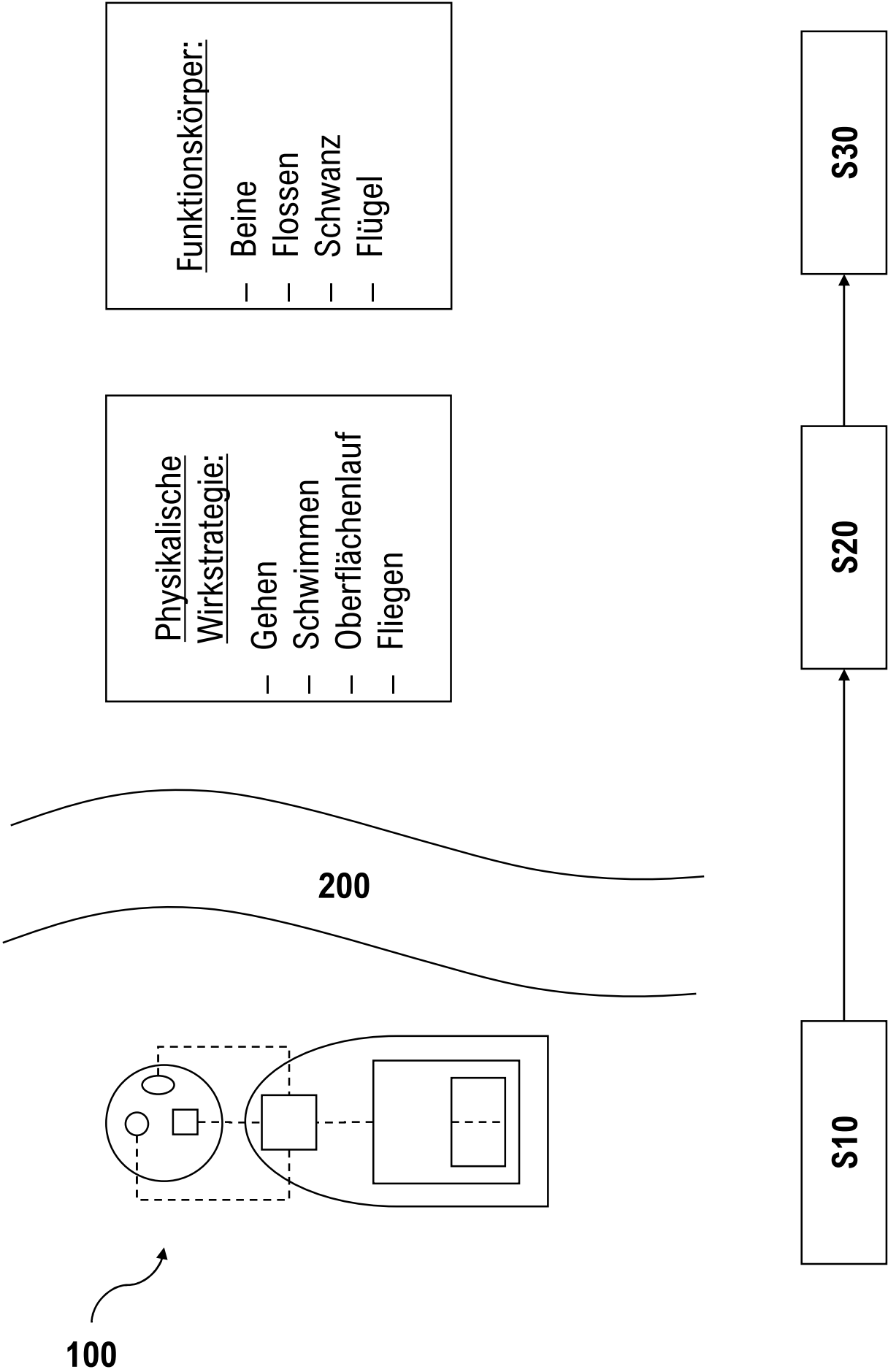


Fig. 2