

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50869/2019
(22) Anmeldetag: 10.10.2019
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2021

(51) Int. Cl.: **H02K 15/04** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102017004538 A1

(71) Patentanmelder:
Miba Automation Systems Ges.m.b.H.
4663 Laakirchen (AT)

(72) Erfinder:
Primorac Mladen-Mateo Dipl.Ing.
3100 St. Pölten (AT)
Ehgartner Gerhard
4663 Laakirchen (AT)

(74) Vertreter:
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt
GmbH
4580 Windischgarsten (AT)

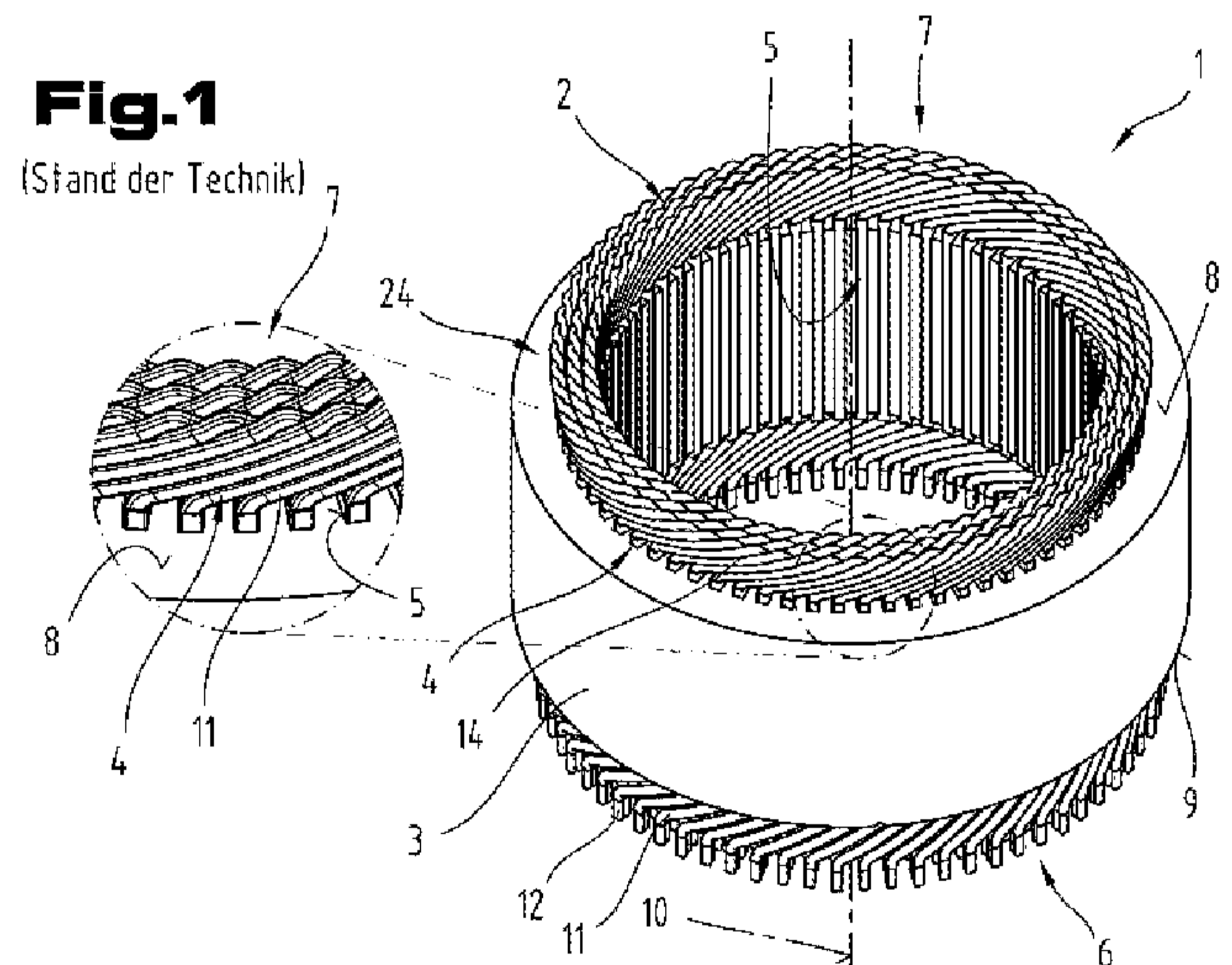
(54) **Verfahren zum Bereitstellen von Formstäben aus einem elektrischen Leiterdraht**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Hair-Pin Formstäben (4) in Art von noch weiter zu bearbeitenden Formstab-Rohteilen aus einem elektrischen Leiterdraht (11), welche Hair-Pin Formstäbe (4) für den Einsatz in elektrischen Wicklungen (2) von elektrischen Maschinen, insbesondere in Statorwicklungen, vorgesehen sind, umfassend die Schritte:

- Bereitstellen eines Leiterdrahtes (11), welcher einen Bügelabschnitt (15) und an den Bügelabschnitt (15) anschließend einen ersten Schenkelabschnitt (13) und einen zweiten Schenkelabschnitt (14) aufweist, wobei in einem Giebelbereich (21) eines Bügelabschnittes (15) ein Seitenversatz (20) ausgebildet ist und wobei Mittelachsen (23, 24) der Schenkelabschnitte (13, 14) parallel zueinander ausgerichtet sind;
- Greifen des ersten Schenkelabschnittes (13) mittels einer ersten Greifvorrichtung (28) und greifen des zweiten Schenkelabschnittes (14) mittels einer zweiten Greifvorrichtung (29) und verschieben beider Schenkelabschnitte (13, 14) relativ zum Giebelbereich (21) des Bügelabschnittes (15) und dadurch erzeugen einer Bügelabschnittskrüpfung (22).

Fig.1

(Stand der Technik)



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Hair-Pin Formstäben (4) in Art von noch weiter zu bearbeitenden Formstab-Rohteilen aus einem elektrischen Leiterdraht (11), welche Hair-Pin Formstäbe (4) für den Einsatz in elektrischen Wicklungen (2) von elektrischen Maschinen, insbesondere in Statorwicklungen, vorgesehen sind, umfassend die Schritte:

- Bereitstellen eines Leiterdrahtes (11), welcher einen Bügelabschnitt (15) und an den Bügelabschnitt (15) anschließend einen ersten Schenkelabschnitt (13) und einen zweiten Schenkelabschnitt (14) aufweist, wobei in einem Giebelbereich (21) eines Bügelabschnittes (15) ein Seitenversatz (20) ausgebildet ist und wobei Mittelachsen (23, 24) der Schenkelabschnitte (13, 14) parallel zueinander ausgerichtet sind;
- Greifen des ersten Schenkelabschnittes (13) mittels einer ersten Greifvorrichtung (28) und greifen des zweiten Schenkelabschnittes (14) mittels einer zweiten Greifvorrichtung (29) und verschieben beider Schenkelabschnitte (13, 14) relativ zum Giebelbereich (21) des Bügelabschnittes (15) und dadurch erzeugen einer Bügelabschnittskröpfung (22).

Fig. 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bereitstellen von Formstäben aus einem elektrischen Leiterdraht, Formstäbe aus einem elektrischen Leiterdraht, sowie einen Stator einer elektrischen Maschine mit solchen Formstäben, wie dies in den Ansprüchen angegeben ist.

In der US9847683B2 ist eine Hair-Pin-Zusammenstellung für einen Stator eines Elektromotors offenbart. Weiters ist das Design eines Hair-Pins offenbart. Das aus der US9847683B2 bekannte Hair-Pin weist den Nachteil auf, dass es einerseits kompliziert herzustellen ist und darüber hinaus nur schwierig ohne Beschädigung in den Stator eingesetzt werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und ein verbessertes Verfahren zum Herstellen eines Hair-Pins, sowie ein verbessertes Hair-Pin, sowie eine verbesserte Vorrichtung zum Herstellen eines Hair-Pins zur Verfügung zu stellen.

Das anspruchsgemäße Verfahren ermöglicht eine rationelle Fertigung von definiert gebogenen Formstäben bzw. Formstab-Rohtteilen für den Einsatz in elektrische Wicklungen. Insbesondere kann durch die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte die Form eines im wesentlichen U-förmigen Formstabes bzw. Hair-Pins geschaffen werden.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung und ein Verfahren gemäß den Ansprüchen gelöst.

Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Herstellen von Hair-Pin Formstäben in Art von noch weiter zu bearbeitenden Formstab-Rohteilen aus einem elektrischen Leiterdraht vorgesehen. Die Hair-Pin Formstäbe sind für den Einsatz in elektrischen Wicklungen von elektrischen Maschinen, insbesondere in Statorwicklungen, vorgesehen. Das Verfahren umfasst die Schritte:

- Bereitstellen eines Leiterdrahtes, welcher einen Bügelabschnitt und an den Bügelabschnitt anschließend einen ersten Schenkelabschnitt und einen zweiten Schenkelabschnitt aufweist, wobei in einem Giebelbereich eines Bügelabschnittes ein Seitenversatz ausgebildet ist und wobei Mittelachsen der Schenkelabschnitte parallel zueinander ausgerichtet sind;
- Greifen des ersten Schenkelabschnittes mittels einer ersten Greifvorrichtung und greifen des zweiten Schenkelabschnittes mittels einer zweiten Greifvorrichtung und verschieben beider Schenkelabschnitte relativ zum Giebelbereich des Bügelabschnittes und dadurch erzeugen einer Bügelabschnittskröpfung.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, dass durch die Bügelabschnittskröpfung der Hair-Pin Formstab in weiterer Folge einfach in ein Blechpaket eines Stators eingesetzt werden kann. Durch die beschriebenen Verfahrensschritte lässt sich die Bügelabschnittskröpfung einfach und formgenau herstellen. Wesentlich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. auch dem erfindungsgemäßen Hair-Pin Formstab ist, dass dieser seine Form bereits vor dem Einsetzen in den Statorern erhält. Somit weisen die einzelnen Hair-Pin Formstäbe bereits als Einzelteil ihre charakteristische Formgebung auf.

Weiters kann es zweckmäßig sein, wenn die erste Greifvorrichtung an einem ersten Industrieroboter und die zweite Greifvorrichtung an einem zweiten Industrieroboter angeordnet ist, insbesondere dass die Industrieroboter als Gelenkarmroboter ausgebildet sind, bevorzugt dass die Industrieroboter als SCARA-Roboter ausgebildet sind. Besonders mittels Industrieroboter können die Greifvorrichtungen exakt und zielgerichtet in einer vorgegebenen Bahn geführt werden.

Ferner kann vorgesehen sein, dass beim Verschieben beider Schenkelabschnitte relativ zum Giebelbereich, der Giebelbereich mittels einer Klemmvorrichtung festgehalten wird, sodass die Bügelabschnittskröpfung erzeugt werden kann. Durch

das Festhalten des Giebelbereiches kann die Bügelabschnittskröpfung genau im Bereich des Giebelabschnittes erzeugt werden.

Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass beim Verschieben beider Schenkelabschnitte relativ zum Giebelbereich des Bügelabschnittes die Greifvorrichtungen derart geführt werden, dass die räumliche Winkellage der Mittelachsen der beiden Schenkelabschnitte am Ende des Biegevorganges gleich ist, wie die räumliche Winkellage der Mittelachsen der beiden Schenkelabschnitte zu Beginn des Biegevorganges, insbesondere dass die räumliche Winkellage der Mittelachsen der beiden Schenkelabschnitte während des gesamten Biegevorganges nicht verändert wird. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass der Giebelbereich relativ zu den Schenkelabschnitten in einer vorbestimmten Winkellage positioniert werden kann.

Vorteilhaft ist auch eine Ausprägung, gemäß welcher vorgesehen sein kann, dass beim Verschieben beider Schenkelabschnitte relativ zum Giebelbereich des Bügelabschnittes die Greifvorrichtungen ohne Veränderung der Winkellage im rechten Winkel zur Mittelachse des jeweils gegriffenen Schenkelabschnittes verschoben werden und gleichzeitig in Axialrichtung der Mittelachsen verschoben werden. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass während des Biegevorganges der Schenkelabschnitte relativ zum Giebelbereich keine unnötigen Biegebewegungen durchgeführt werden, wodurch die Materialverfestigungen in den Hair-Pin Formstäben relativ gering gehalten werden können. Darüber hinaus kann das zur Herstellung der Biegung notwendige Robotersystem durch diese Maßnahme möglichst einfach gehalten werden.

Gemäß einer Weiterbildung ist es möglich, dass beim Verschieben beider Schenkelabschnitte relativ zum Giebelbereich des Bügelabschnittes, ein Toolcenterpoint der Greifvorrichtungen entlang einer Kurvenbahn geführt wird. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass die Greifvorrichtungen entlang der definierten Kurvenbahn geführt werden, wodurch eine mechanische Überbeanspruchung der beiden Schenkelabschnitte während des Biegevorganges weitestgehend unterbunden werden kann.

Ferner kann es zweckmäßig sein, wenn vor dem Erzeugen der Bügelabschnittskrüpfung folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- Greifen des ersten Schenkelabschnittes mittels der ersten Greifvorrichtung und greifen des zweiten Schenkelabschnittes mittels der zweiten Greifvorrichtung und verdrehen des ersten Schenkelabschnittes um eine zu seiner Mittelachse parallel liegende erste Drehachse und verdrehen des zweiten Schenkelabschnittes um eine zu seiner Mittelachse parallel liegende zweite Drehachse. Durch diese Maßnahme kann die Lage der beiden Schenkelabschnitte zueinander definiert werden, sodass die beiden Schenkelabschnitte jeweils zu einem Kreis eine tangentielle Fläche bilden.

Wenn bereits im obigen Verfahrensschritt vor dem Erzeugen der Bügelabschnittskrüpfung der erste Schenkelabschnitt mittels der ersten Greifvorrichtung und der zweite Schenkelabschnitt mittels der zweiten Greifvorrichtung gegriffen wird, so ist es nicht notwendig, dass zum Erzeugen der Bügelabschnittskrüpfung die Schenkelabschnitte erneut gegriffen werden, sondern können die Greifvorrichtungen für beide Verfahrensschritte ihre Greifposition beibehalten.

Erfindungsgemäß ist ein Hair-Pin Formstab für den Einsatz in elektrischen Wicklungen von elektrischen Maschinen, insbesondere in Statorwicklungen vorgesehen, wobei ein Leiterdraht ausgebildet ist, welcher einen Bügelabschnitt und an den Bügelabschnitt anschließend einen ersten Schenkelabschnitt und einen zweiten Schenkelabschnitt aufweist, wobei in einem Giebelbereich des Bügelabschnittes ein Seitenversatz ausgebildet ist und wobei Mittelachsen der Schenkelabschnitte parallel zueinander ausgerichtet sind. Im Bereich des Bügelabschnittes ist eine Bügelabschnittskrüpfung ausgebildet.

Weiters kann vorgesehen sein, dass aufgrund der Bügelabschnittskrüpfung der Giebelbereich in einem Neigungswinkel zur Mittelachse des ersten Schenkelabschnittes und zur Mittelachse des zweiten Schenkelabschnittes angeordnet ist.

Der erfindungsgemäße Hair-Pin Formstab weist den Vorteil auf, dass er einfach in einen Stator eingesetzt werden kann.

Erfindungsgemäß ist darüber hinaus ein Stator für eine elektrische Maschine vorgesehen. Der Stator umfasst:

- einen Statorkern;
- mehrere im Statorkern aufgenommene Hair-Pin Formstäbe. Die Hair-Pin Formstäbe sind wie oben beschrieben ausgebildet sind und weisen eine Bügelabschnittskröpfung auf. Der erfindungsgemäße Stator bringt den Vorteil mit sich, dass die einzelnen Hair-Pin Formstäbe bestmöglich in den Stator eingesetzt sind.

Gemäß einer besonderen Ausprägung ist es möglich, dass unterschiedliche Hair-Pin Formstäbe aus unterschiedlichen Wicklungslagen eine unterschiedlich starke Bügelabschnittskröpfung aufweisen. Durch die unterschiedlich starke Bügelabschnittskröpfung der Hair-Pin-Formstäbe aus unterschiedlichen Wicklungslagen kann erreicht werden, dass die einzelnen Hair-Pin Formstäbe aus den unterschiedlichen Wicklungslagen im Bereich des Bügelabschnittes zueinander beabstandet sein können. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass in jeder der einzelnen Wicklungslagen die Hair-Pin Formstäbe einfach eingesetzt werden können.

Erfindungsgemäß ist eine Fertigungsanlage zum Herstellen von Hair-Pin Formstäben in Art von noch weiter zu bearbeitenden Formstab-Rohteilen aus einem elektrischen Leiterdraht, welche Hair-Pin Formstäbe für den Einsatz in elektrischen Wicklungen von elektrischen Maschinen, insbesondere in Statorwicklungen, vorgesehen sind, ausgebildet. Die Fertigungsanlage umfasst:

- eine Klemmvorrichtung zum Festhalten eines Giebelbereiches eines Bügelabschnittes des elektrischen Leiterdrahtes;
- eine erste Greifvorrichtung, welche an einem ersten Industrieroboter angeordnet ist und eine zweite Greifvorrichtung, welche an einem zweiten Industrieroboter angeordnet ist, wobei die Greifvorrichtungen zum Greifen von Schenkelabschnitten des elektrischen Leiterdrahtes dienen, insbesondere dass die Industrieroboter als Gelenkarmroboter ausgebildet sind, bevorzugt dass die Industrieroboter als SCARA-Roboter ausgebildet sind.

Die erfindungsgemäße Fertigungsanlage bringt den Vorteil mit sich, dass mit dieser die Hair-Pin Formstäbe einfach und mit hoher Genauigkeit hergestellt werden können.

Insbesondere kann es vorteilhaft sein, wenn die Klemmvorrichtung, die erste Greifvorrichtung und die zweite Greifvorrichtung derart ausgebildet sind, dass mehrere Hair-Pin Formstäbe gleichzeitig gegriffen und gebogen werden können. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass mehrere Hair-Pin Formstäbe gleichzeitig bearbeitet werden können, wodurch die Taktfrequenz zur Herstellung der Hair-Pin Formstäbe verkürzt werden kann.

Ferner kann vorgesehen sein, dass die Klemmvorrichtung, die erste Greifvorrichtung und die zweite Greifvorrichtung derart ausgebildet sind, dass die mehreren gleichzeitig gegriffenen Hair-Pin Formstäbe übereinander angeordnet sind. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass die einzelnen Hair-Pin Formstäbe eine gleiche Formgebung, insbesondere gleiche Übergangsradien zwischen den Biegestellen bzw. einen gleichen Winkel der Bügelabschnittskrüpfung aufweisen können.

Dass die beiden Schenkelabschnitte parallel zueinander ausgerichtet sind, bezieht sich auf die Ausrichtung einer in der Querschnittsmitte eines jeweiligen Schenkelabschnittes liegenden Mittelachse und umfasst somit auch, dass die Querschnitte der beiden Schenkelabschnitte in einem Verdrehwinkel zueinander verdreht sein können. Als parallel wird auch eine fertigungsbedingt vernachlässigbare Winkelabweichung der Mittelachsen um einen Toleranzwinkel kleiner 5° , insbesondere kleiner 3° , bevorzugt kleiner 1° angesehen.

Ein SCARA-Roboter ist ein besonderer Typ Industrieroboter, dessen Aufbau auch als horizontaler Gelenkarmroboter bezeichnet wird. Die Abkürzung SCARA steht im Englischen für Selective Compliance Assembly Robot Arm. Ein SCARA-Roboter besitzt in der Regel vier Achsen und vier Freiheitsgrade. Sämtliche Achsen sind als serielle Kinematik ausgeführt, das heißt der Koordinatenursprung der folgenden Achse ist nur abhängig von der Position der vorhergehenden. Bei einem SCARA-Roboter sind die erste und zweite Achse rotatorischer Natur, die dritte und die vierte Achse sind vielfach aus einem Bauelement, wie etwa einer Kugelrollspindel, hergestellt, und erlauben eine rotatorische und eine Linearbewegung. Die Greifvorrichtung des Roboters wird am unteren Ende der Z-Achse montiert.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

- Fig. 1 einen aus dem Stand der Technik bekannten Stator einer elektrischen Maschine in perspektivischer Darstellung;
- Fig. 2a einen Formstab aus elektrischem Leiterdraht, wie er in der elektrischen Wicklung des Stators nach Fig. 1 eingesetzt wird;
- Fig. 2b einen Abschnitt des Formstabes nach Fig. 2a in Draufsicht gemäß Pfeil „Fig. 2b“ in Fig. 2a;
- Fig. 3 eine perspektivische Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels eines Stators für eine elektrische Maschine;
- Fig. 4 eine Draufsicht auf ein erstes Ausführungsbeispiel eines Hair-Pin-Formstabes;
- Fig. 5 eine perspektivische Ansicht des ersten Ausführungsbeispiels des Hair-Pin-Formstabes;
- Fig. 6 eine Schnittansicht des ersten Ausführungsbeispiels des Hair-Pin-Formstabes gemäß der Schnittlinie VI-VI aus Fig. 4;
- Fig. 7 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer Fertigungsanlage mit SCARA-Roboter zum Herstellen von Hair-Pin-Formstäben in einer perspektivischen Ansicht;
- Fig. 8 eine schematische Darstellung des ersten Ausführungsbeispiels der Fertigungsanlage zum Herstellen von Hair-Pin-Formstäben in einer Draufsicht;
- Fig. 9 eine schematische Darstellung des Verfahrensablaufes zum Herstellen einer Bügelabschnittskröpfung.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

In Fig. 1 ist ein Halbfabrikat eines aus dem Stand der Technik bekannten beispielhaft veranschaulicht. Dieser Stator 1 hat bereits verschiedene Fertigungsstufen durchlaufen, muss aber noch weiteren Fertigungsstufen unterzogen werden, um letztendlich als einsatzfähiger Stator einer elektrischen Maschine, insbesondere als Stator eines Elektromotors, verwendbar zu sein.

Ein solcher Stator 1 umfasst eine elektrische Wicklung 2, welche in Verbindung mit einem annähernd ringförmigen bzw. hohlzylindrischen Stator Kern 3 für die Erzeugung von umlaufenden Magnetfeldern vorgesehen ist, wenn die Wicklungsstränge der Wicklung 2 mit elektrischer Energie, insbesondere mit ein- oder mehrphasiger Wechselspannung beaufschlagt werden. Der Stator Kern 3 ist typischerweise als geschichtetes Paket aus einzelnen, gestapelten Blechlamellen ausgeführt.

Die elektrische Wicklung 2 ist bei der dargestellten Ausführungsform als sogenannte Formstabwicklung ausgeführt, welche fallweise auch als Stabwicklung bezeichnet wird. Insbesondere ist hierbei die elektrische Wicklung 2 aus einer Vielzahl von einzelnen Hair-Pin-Formstäben 4 zusammengesetzt, wobei ein solcher Hair-Pin-Formstab 4 in Fig. 2a und in Fig. 2b beispielhaft veranschaulicht ist. Derartige Formstäbe 4 sind dabei zumindest abschnittsweise in Aufnahmenuten 5 des Stator Kerns 3 aufgenommen. Die in den Stator Kern 3 eingefügten Formstäbe 4 sind weiters elektrisch miteinander verbunden bzw. verschaltet, um so die entsprechende elektrische Wicklung 2 bzw. deren Wicklungsstränge zu bilden. Die jeweils erforderlichen Anschlussstellen zur Beaufschlagung mit elektrischer Energie sind

der besseren Übersichtlichkeit wegen in Fig. 1, aber auch in Fig. 3, nicht dargestellt.

Die Wicklung 2 kann hinsichtlich ihres elektrischen Aufbaus als sogenannte Wellenwicklung ausgeführt sein. Die verwendeten Formstäbe 4 weisen eine annähernd U-förmige Grundform auf und werden allgemein auch als sogenannte Hair-Pins bezeichnet. Mit solchen Formstäben 4 in Art von Hair-Pins kann eine Wicklung 2 bzw. ein Stator 1 mit einer Kontaktierungs- bzw. Schweißseite 6 und einer hierzu gegenüberliegenden Bügelseite 7, welche auch als Hair-Pin-Seite oder als Kronenseite bezeichnet werden kann, aufgebaut werden. Bevorzugt ist die Bügelseite 7 völlig frei, oder zumindest überwiegend frei von Kontaktierungs- bzw. Schweißstellen ausgeführt und einem ersten axialen Stirnende 8 des Statorkerns 3 nächstliegend zugeordnet. Demgegenüber ist die Kontaktierungs- bzw. Schweißseite 6, an welcher Enden der einzelnen Formstäbe 4 in spezifischer Weise elektrisch gekoppelt werden, dem gegenüberliegenden zweiten axialen Stirnende 9 des Statorkerns 3 nächstliegend zugeordnet. Eine Statormittelachse 10 verläuft zentral durch den inneren Hohlraum des im Wesentlichen hohlzylindrischen Statorkerns 3.

Die jeweiligen Formstäbe 4 zur Ausbildung der elektrischen Wicklung 2 sind aus einem elektrisch leitfähigen Leiterdraht 11 gebildet. Der Leiterdraht 11 kann dabei aus Kupfer, aus Aluminium oder aus sonstigen elektrisch gut leitfähigen Materialien oder Legierungen gebildet sein und an überwiegenden Abschnitten seiner Mantelfläche eine an sich bekannte elektrische Isolationsschicht umfassen, welche typischerweise aus einem Kunststoff gebildet ist. Lediglich die zur Kontaktierung bzw. Verschweißung vorgesehenen Endabschnitte 12 des Leiterdrahtes 11 können zumindest abschnittsweise unisoliert ausgeführt sein bzw. abisoliert worden sein, um eine niederohmige elektrische Verbindung mit benachbarten bzw. angrenzenden Formstäben 4 aufbauen zu können.

Bevorzugt ist der Leiterdraht 11 in Bezug auf seine Querschnittsfläche mehreckig ausgebildet, insbesondere zumindest annähernd rechteckförmig ausgeführt. Das Dicken- zu Breitenverhältnis eines rechteckförmigen Leiterdrahtes 11 kann dabei zwischen 1:1,5 und 1:3 betragen, vorzugsweise etwa 1:2 sein.

Der in Fig. 2a mit vollen Linien beispielhaft dargestellte, im Wesentlichen U-förmige Hair-Pin-Formstab 4 kann insbesondere ein Leitersegment in einer herzustellenden elektrischen Wicklung 2, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, ausbilden. Der Hair-Pin-Formstab 4 gemäß Fig. 2a ist dabei bereits mehreren Bearbeitungsschritten, beispielsweise Biegeschritten und Abisolierungsschritten unterworfen worden, um aus einem ursprünglich geradlinigen, insbesondere gestreckten, elektrischen Leiterdraht 11 die dargestellte Ausführung und Formgebung zu erhalten.

Ein solcher im Wesentlichen U-förmiger Hair-Pin-Formstab 4 ist dabei nach mehreren Biegeschritten derart ausgeführt, wie er in Fig. 2a veranschaulicht ist, wobei zumindest einzelne der insgesamt erforderlichen Biegeschritte erst nach dem Einsetzen in die jeweiligen Aufnahmenuten 4 des Stator kernels 3 ausgeführt werden. Insbesondere die Abschnitte des Hair-Pin-Formstabes 4, welche der Kontaktierungs- bzw. Schweißseite 6 des Stator kernels 3 nächstliegend zugeordnet sind, werden typischerweise erst dann geformt, wenn der zuvor im Wesentlichen U-förmige Hair-Pin-Formstab 4 in den Stator kern 3 bzw. in die jeweiligen Aufnahmenuten 5 eingefügt wurde. Diese quasi nachträglich geformten Abschnitte des Hair-Pin-Formstabes 4 sind in Fig. 2a und in Fig. 4a mit strichlierten Linien veranschaulicht worden. Ein gemäß dem angegebenen Verfahren geformter bzw. hergestellter Hair-Pin-Formstab 4 kann somit auch als Formstab-Rohling bezeichnet werden.

Ein gattungsgemäßer Hair-Pin-Formstab 4 bzw. Hair-Pin umfasst zwei im Wesentlichen parallel zueinander verlaufende Schenkelabschnitte 13, 14, welche zur Aufnahme in Aufnahmenuten 5 des Stator kernels 3 vorgesehen sind. Die beiden Schenkelabschnitte 13, 14 sind mit einem Basis- bzw. Bügelabschnitt 15 des Hair-Pin-Formstabes 4 einteilig verbunden. Insbesondere sind ausgehend von dem zentralen Basis- bzw. Bügelabschnitt 15 zwei im Wesentlichen achsparallel zueinander verlaufende Schenkelabschnitte 13, 14 derart ausgeformt, dass die im Wesentlichen U-förmige Grundform des Hair-Pin-Formstabes 4 bzw. des entsprechenden Formstab-Rohlings gegeben ist.

An den vom Basis- bzw. Bügelabschnitt 15 abgewandten Endabschnitten der beiden Schenkelabschnitte 13, 14 können zusätzliche Biegeabschnitte 16 ausgeführt

sein, wie dies mit strichlierten Linien beispielhaft dargestellt wurde. Diese zusätzlichen Biegeabschnitte 16 können annähernd L- oder Z-förmig verlaufen und werden typischerweise erst nach dem Einsetzen des U-förmigen Hair-Pin-Formstabes 4 in den Stator kern 3 entsprechend geformt.

Beispielsgemäß ist eine sogenannte sechslagige Wicklung 2 im Stator kern 3 aufgenommen. Demgemäß sind je Aufnahmenut 5 sechs radial zur Statormittelachse 10 aneinander gereihte Schenkelabschnitte 13, 14 angeordnet, welche Schenkelabschnitte 13, 14 von einzelnen Formstäben 4 der elektrischen Wicklung 2 stammen. Alle in einem einheitlichen Radius zur Statormittelachse 10 liegenden Schenkelabschnitte 13, 14 können dabei als Wicklungslage bzw. kurz als Lage bezeichnet werden. Zum Aufbau der elektrischen Wicklung 2 ist es zweckmäßig, wenn die Schenkelabschnitte 13, 14 eines jeden Hair-Pin-Formstabes 4 Lagensprünge ausführen, also in Bezug auf die Radialrichtung zur Statormittelachse 10 in unterschiedlichen Lagen der Wicklung 2 angeordnet sind. Ein solcher Lagensprung weist üblicherweise eine Sprungweite von 1 auf, das heißt einer der beiden Schenkelabschnitte 13, 14 eines Hair-Pin-Formstabes 4 ist gegenüber dem anderen Schenkelabschnitt 13, 14 dieses Hair-Pin-Formstabes 4 um genau eine Lage radial versetzt angeordnet. Zudem sind die beiden Schenkelabschnitte 13, 14 jedes Hair-Pin-Formstabes 4 in Bezug auf die Kreisumfangsrichtung des Stator kerns 3 in zueinander distanzierten Aufnahmenuten 5 aufgenommen.

Um dies geordnet zu bewerkstelligen, ist typischerweise in einem Giebelbereich 21 eines Bügelabschnittes 15 des Hair-Pin-Formstabes 4 ein Seitenversatz 20 im Leiterdraht 11 ausgeführt. Ein solcher Seitenversatz 20 gemäß dem Stand der Technik ist in Draufsicht – gemäß Fig. 2b – im Wesentlichen S- bzw. Z-förmig ausgebildet. Aufgrund des Erscheinungsbildes kann ein solcher Seitenversatz 20 auch als S-Schlag bezeichnet werden. Ein solcher Seitenversatz 20 gemäß dem Stand der Technik wird entweder durch zwangsgeführte Umformungswerkzeuge für den Leiterdraht 11 oder durch ein Präge- bzw. Gesenkbiegeverfahren gegenüber dem Leiterdraht 11 hergestellt.

Alternativ kann ein solcher Seitenversatz 20 entsprechend dem Stand der Technik durch im Ausgangszustand U-förmige Leiterabschnitte gebildet werden, welche

eng aneinander liegende Schenkelabschnitte aufweisen. Die Schenkelabschnitte dieser U- bzw. spangenförmigen Leiterabschnitte werden nachfolgend parallel zu deren Mittelebene auseinander gezogen. Derartige Twist-Werkzeuge und Verfahren sind beispielsweise aus der zuvor bereits genannten EP2591538B1 bekannt. Dabei werden die Schenkel von ursprünglich spangenförmigen Leiterschleifen voneinander distanziert, um so Formstäbe gemäß Fig. 2a, 2b mit dem im Bügelabschnitt 15 ausgebildeten, S- bzw. Z-förmigen Seitenversatz herzustellen. Die aus dem Stand der Technik bekannten Formstäbe 4 mit S- bzw. Z-förmigem Seitenversatz 20 und deren Herstellung mit den hierfür erforderlichen Twist-Werkzeugen sind jedoch nur bedingt zufriedenstellend.

Fig. 3 zeigt eine perspektivische Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels des Stators 1 bzw. der Wicklung 2 des Stators, wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Figuren 1 und 2 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Figuren 1 und 2 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

Wie aus Fig. 3 ersichtlich, kann vorgesehen sein, dass im Stator Kern 3 mehrere Hair-Pin Formstäbe 4 aufgenommen sind, wobei im vorliegenden Ausführungsbeispiel die Hair-Pin Formstäbe 4 in einer ersten Wicklungslage 17 in einer zweiten Wicklungslage 18 und in einer dritten Wicklungslage 19 angeordnet sind.

Wie aus Fig. 3 weiters ersichtlich, weisen die einzelnen Hair-Pin Formstäbe 4 aus den einzelnen Wicklungslagen 17, 18, 19 eine unterschiedlich starke Bügelabschnittskröpfung 22 auf, sodass die Giebelbereiche 21 der einzelnen Hair-Pin Formstäbe 4 aus den unterschiedlichen Wicklungslagen 17, 18, 19 in einem radialen Abstand zueinander angeordnet sind. Mit anderen Worten ausgedrückt ist die Bügelabschnittskröpfung 22 eine radiale Verschiebung der Giebelbereiche 21 aus der jeweiligen Wicklungslage 17, 18, 19 nach außen.

Die Bügelabschnittskröpfung 22 wird anhand eines in der dritten Wicklungslage 19 eingesetzten Hair-Pin Formstabes 4, welcher in den Fig. 4 bis 6 dargestellt ist, noch im Detail beschrieben.

In der Fig. 4 ist das erste Ausführungsbeispiel des Hair-Pin Formstabes 4 in einer Draufsicht dargestellt. Aus dieser Draufsicht ist der Seitenversatz 20 besonders gut ersichtlich.

Fig. 5 zeigt das erste Ausführungsbeispiel des Hair-Pin Formstabes 4 in einer perspektivischen Ansicht und Fig. 6 zeigt das erste Ausführungsbeispiel des Hair-Pin Formstabes 4 in einer Schnittansicht gemäß einer Schnitfführung entlang einer Schnittlinie VI – VI aus Fig. 4.

Wie aus einer Zusammenschau der Fig. 5 und 6 ersichtlich, ist die Bügelabschnittskröpfung 22 in Form eines radial nach außen gezogenen Giebelbereichs 21 ausgebildet. Zur besseren Darstellbarkeit der Bügelabschnittskröpfung 22 ist im ersten Schenkelabschnitt 13 eine erste Mittelachse 23 des ersten Schenkelabschnittes 13 dargestellt und im zweiten Schenkelabschnitt 14 eine zweite Mittelachse 24 des zweiten Schenkelabschnittes 14 dargestellt. Die beiden Mittelachsen 23, 24 verlaufen jeweils in der Querschnittsmitte des jeweiligen Schenkelabschnittes 13, 14.

Wie aus Fig. 6 ersichtlich, kann vorgesehen sein, dass der Giebelbereich 21 in einem Neigungswinkel 25 zur Mittelachse 23 des ersten Schenkelabschnittes 13 bzw. analog dazu zur Mittelachse 24 des zweiten Schenkelabschnittes 14 angeordnet ist.

Wie aus Fig. 4 ersichtlich, kann vorgesehen sein, dass der erste Schenkelabschnitt 13 und der zweite Schenkelabschnitt 14 in einem Verdrehwinkel 26 zueinander angeordnet sind.

Weiters kann vorgesehen sein, dass der Neigungswinkel 25 bei Hair-Pin Formstäben 4 der ersten Wicklungslage 17 kleiner ist als der Neigungswinkel 25 bei Hair-Pin Formstäben 4 der zweiten Wicklungslage 18 und dieser wiederum kleiner ist als der Neigungswinkel 25 bei Hair-Pin Formstäben 4 der dritten Wicklungslage 19.

Die beschriebenen Ausprägungen sind natürlich auf Statoren 1 mit mehr oder weniger als den beschriebenen drei Wicklungslagen 17, 18, 19 übertragbar. Somit

sind die drei Wicklungslagen 17, 18, 19 in einem Stator 1 nur als eine von vielen Ausprägungsmöglichkeiten zu sehen.

Fig. 7 zeigt in einer perspektivischen Ansicht ein stark schematisch dargestelltes Ausführungsbeispiel einer Fertigungsanlage 27 zum Biegen des Hair-Pin Formstabes 4, wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Figuren 1 bis 6 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Figuren 1 bis 6 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

Fig. 8 zeigt in einer Draufsicht ein stark schematisch dargestelltes Ausführungsbeispiel einer Fertigungsanlage 27 zum Biegen des Hair-Pin Formstabes 4, wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Figuren 1 bis 6 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Figuren 1 bis 6 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

Die weitere Beschreibung erfolgt aus einer Zusammenschau der Figuren 7 und 8.

Wie aus Fig. 7 ersichtlich, kann vorgesehen sein, dass die Fertigungsanlage 27 eine erste Greifvorrichtung 28 zum Greifen des ersten Schenkelabschnittes 13 und eine zweite Greifvorrichtung 29 zum Greifen des zweiten Schenkelabschnittes 14 aufweist. Die erste Greifvorrichtung 28 kann an einem ersten Industrieroboter 30 angeordnet sein und die zweite Greifvorrichtung 29 kann an einem zweiten Industrieroboter 31 angeordnet sein. Der Einfachheit halber sind die Industrieroboter 30, 31 in Fig. 8 nicht dargestellt.

Weiters kann eine Klemmvorrichtung 32 ausgebildet sein, welche zum Halten des Hair-Pin Formstabes 4 an seinem Giebelbereich 21 dient. Die Klemmvorrichtung 32 kann eine erste Klemmbacke 33 und eine zweite Klemmbacke 34 aufweisen, zwischen welchen der Giebelbereich 21 geklemmt werden kann.

Wie aus Fig. 8 ersichtlich, kann vorgesehen sein, dass eine erste Drehachse 35 parallel zur Mittelachse 23 des ersten Schenkelabschnittes 13 und eine zweite

Drehachse 36 parallel zur Mittelachse 24 des zweiten Schenkelabschnittes 14 angeordnet sind.

Zum Herstellen des Verdrehwinkels 26 kann in einem zum Herstellschritt der Bügelabschnittskröpfung 22 vorgelagerten Bearbeitungsschritt die erste Greifvorrichtung 28 um die erste Drehachse 35 verschwenkt werden und die zweite Greifvorrichtung 29 um die zweite Drehachse 36 verschwenkt werden, wobei der erste Schenkelabschnitt 13 und der zweite Schenkelabschnitt 14 so geführt werden, dass diese am Ende dieses Bearbeitungsschrittes im Verdrehwinkel 36 zueinander angeordnet sind.

Fig. 9 zeigt in einer schematischen Darstellung die Bewegung der ersten Greifvorrichtung 28 zum Herstellen der Bügelabschnittskröpfung 22. Der Einfachheit halber sind die zweite Greifvorrichtung 29 bzw. der zweite Schenkelabschnitt 14 nicht dargestellt.

Wie aus Fig. 9 ersichtlich, kann vorgesehen sein, dass die erste Greifvorrichtung 28 den noch unverformten ersten Schenkelabschnitt 13 greift. Anschließend wird ein Toolcenterpoint 37 der ersten Greifvorrichtung 28 entlang einer Kurvenbahn 38 verschoben, ohne dass dabei die Winkellage des ersten Schenkelabschnittes 23 verändert wird. Mit anderen Worten ausgedrückt, wird die erste Greifvorrichtung 28 in einer horizontalen Richtung und gleichzeitig in einer vertikalen Richtung verschoben.

Am Ende dieses Biegevorganges befindet sich der erste Schenkelabschnitt 13 in einer Stellung, in welcher die Bügelabschnittskröpfung 22 hergestellt ist. Dies ist in Fig. 9 in der strichlierten Darstellung gezeigt.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch

gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

Der Schutzbereich ist durch die Ansprüche bestimmt. Die Beschreibung und die Zeichnungen sind jedoch zur Auslegung der Ansprüche heranzuziehen. Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen können für sich eigenständige erfinderische Lösungen darstellen. Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mitumfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereiche beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1, oder 5,5 bis 10.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Elemente teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Bezugszeichenliste

1	Stator	28	erste Greifvorrichtung
2	Wicklung	29	zweite Greifvorrichtung
3	Stator kern	30	erster Industrieroboter
4	Hair-Pin Formstab	31	zweiter Industrieroboter
5	Aufnahmenut	32	Klemmvorrichtung
6	Kontaktierungs- bzw. Schweißseite	33	erste Klemmbacke
		34	zweite Klemmbacke
7	Bügelseite	35	erste Drehachse
8	axiales Stirnende	36	zweite Drehachse
9	axiales Stirnende	37	Toolcenterpoint
10	Statormittelachse	38	Kurvenbahn
11	Leiterdraht		
12	Endabschnitte		
13	erster Schenkelabschnitt		
14	zweiter Schenkelabschnitt		
15	Bügelabschnitt		
16	Biegeabschnitte		
17	erste Wicklungslage		
18	zweite Wicklungslage		
19	dritte Wicklungslage		
20	Seitenversatz		
21	Giebelbereich		
22	Bügelabschnittskröpfung		
23	Mittelachse erster Schenkel- abschnitt		
24	Mittelachse zweiter Schenkel- abschnitt		
25	Neigungswinkel		
26	Verdrehwinkel		
27	Fertigungsanlage		

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Hair-Pin Formstäben (4) in Art von noch weiter zu bearbeitenden Formstab-Rohteilen aus einem elektrischen Leiterdraht (11), welche Hair-Pin Formstäbe (4) für den Einsatz in elektrischen Wicklungen (2) von elektrischen Maschinen, insbesondere in Statorwicklungen, vorgesehen sind, umfassend die Schritte:
 - Bereitstellen eines Leiterdrahtes (11), welcher einen Bügelabschnitt (15) und an den Bügelabschnitt (15) anschließend einen ersten Schenkelabschnitt (13) und einen zweiten Schenkelabschnitt (14) aufweist, wobei in einem Giebelbereich (21) eines Bügelabschnittes (15) ein Seitenversatz (20) ausgebildet ist und wobei Mittelachsen (23, 24) der Schenkelabschnitte (13, 14) parallel zueinander ausgerichtet sind;
 - Greifen des ersten Schenkelabschnittes (13) mittels einer ersten Greifvorrichtung (28) und greifen des zweiten Schenkelabschnittes (14) mittels einer zweiten Greifvorrichtung (29) und verschieben beider Schenkelabschnitte (13, 14) relativ zum Giebelbereich (21) des Bügelabschnittes (15) und dadurch erzeugen einer Bügelabschnittskröpfung (22).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Greifvorrichtung (28) an einem ersten Industrieroboter (30) und die zweite Greifvorrichtung (29) an einem zweiten Industrieroboter (31) angeordnet ist, insbesondere dass die Industrieroboter (30, 31) als Gelenkarmroboter ausgebildet sind, bevorzugt dass die Industrieroboter (30, 31) als SCARA-Roboter ausgebildet sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass beim Verschieben beider Schenkelabschnitte (13, 14) relativ zum Giebelbereich (21), der Giebelbereich (21) mittels einer Klemmvorrichtung (32) festgehalten wird, so dass die Bügelabschnittskröpfung (22) erzeugt werden kann.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Verschieben beider Schenkelabschnitte (13, 14) relativ zum Giebelbereich (21) des Bügelabschnittes (15) die Greifvorrichtungen (28, 29) derart geführt werden, dass die räumliche Winkellage der Mittelachsen (23, 24) der beiden Schenkelabschnitte (13, 14) am Ende des Biegevorganges gleich ist, wie die räumliche Winkellage der Mittelachsen (23, 24) der beiden Schenkelabschnitte (13, 14) zu Beginn des Biegevorganges, insbesondere dass die räumliche Winkellage der Mittelachsen (23, 24) der beiden Schenkelabschnitte (13, 14) während des gesamten Biegevorganges nicht verändert wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Verschieben beider Schenkelabschnitte (13, 14) relativ zum Giebelbereich (21) des Bügelabschnittes (15) die Greifvorrichtungen (28, 29) ohne Veränderung der Winkellage im rechten Winkel zur Mittelachse (23, 24) des jeweils gegriffenen Schenkelabschnittes (13, 14) verschoben werden und gleichzeitig in Axialrichtung der Mittelachsen (23, 24) verschoben werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass beim Verschieben beider Schenkelabschnitte (13, 14) relativ zum Giebelbereich (21) des Bügelabschnittes (15), ein Toolcenterpoint (37) der Greifvorrichtungen (28, 29) entlang einer Kurvenbahn (38) geführt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Erzeugen der Bügelabschnittskröpfung (22) folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- Greifen des ersten Schenkelabschnittes (13) mittels der ersten Greifvorrichtung (28) und greifen des zweiten Schenkelabschnittes (14) mittels der zweiten Greifvorrichtung (29) und verdrehen des ersten Schenkelabschnittes (13) um eine zu seiner Mittelachse (23) parallel liegende erste Drehachse (35) und verdrehen des zweiten Schenkelabschnittes (14) um eine zu seiner Mittelachse (24) parallel liegende zweite Drehachse (36).

8. Hair-Pin Formstab (4) für den Einsatz in elektrischen Wicklungen (2) von elektrischen Maschinen, insbesondere in Statorwicklungen, wobei ein Leiterdraht (11) ausgebildet ist, welcher einen Bügelabschnitt (15) und an den Bügelabschnitt (15) anschließend einen ersten Schenkelabschnitt (13) und einen zweiten Schenkelabschnitt (14) aufweist, wobei in einem Giebelbereich (21) des Bügelabschnittes (15) ein Seitenversatz (20) ausgebildet ist und wobei Mittelachsen (23, 24) der Schenkelabschnitte (13, 14) parallel zueinander ausgerichtet sind, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des Bügelabschnittes (15) eine Bügelabschnittskröpfung (22) ausgebildet ist.

9. Stator (1) für eine elektrische Maschine umfassend:

- einen Statorkern (3);
 - mehrere im Statorkern (3) aufgenommene Hair-Pin Formstäbe (4),
- dadurch gekennzeichnet, dass die Hair-Pin Formstäbe (4) nach Anspruch 8 ausgebildet sind und eine Bügelabschnittskröpfung (22) aufweisen.

10. Stator (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass unterschiedliche Hair-Pin Formstäbe (4) aus unterschiedlichen Wicklungslagen eine unterschiedlich starke Bügelabschnittskröpfung (22) aufweisen.

11. Fertigungsanlage (27) zum Herstellen von Hair-Pin Formstäben (4) in Art von noch weiter zu bearbeitenden Formstab-Rohteilen aus einem elektrischen Leiterdraht (11), welche Hair-Pin Formstäbe (4) für den Einsatz in elektrischen Wicklungen (2) von elektrischen Maschinen, insbesondere in Statorwicklungen, vorgesehen sind, umfassend:

- eine Klemmvorrichtung (32) zum Festhalten eines Giebelbereiches (21) eines Bügelabschnittes (15) des elektrischen Leiterdrahtes (11);
- eine erste Greifvorrichtung (28), welche an einem ersten Industrieroboter (30) angeordnet ist und eine zweite Greifvorrichtung (29), welche an einem zweiten Industrieroboter (31) angeordnet ist, wobei die Greifvorrichtungen (28, 29) zum Greifen von Schenkelabschnitten (13, 14) des elektrischen Leiterdrahtes (11) dienen,

insbesondere dass die Industrieroboter (30) als Gelenkarmroboter ausgebildet sind, bevorzugt dass die Industrieroboter (30) als SCARA-Roboter ausgebildet sind.

12. Fertigungsanlage (27) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Klemmvorrichtung (32), die erste Greifvorrichtung (28) und die zweite Greifvorrichtung (29) derart ausgebildet sind, dass mehrere Hair-Pin Formstäbe (4) gleichzeitig gegriffen und gebogen werden können.

13. Fertigungsanlage (27) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Klemmvorrichtung (32), die erste Greifvorrichtung (28) und die zweite Greifvorrichtung (29) derart ausgebildet sind, dass die mehreren gleichzeitig gegriffenen Hair-Pin Formstäbe (4) übereinander angeordnet sind.

Fig.3

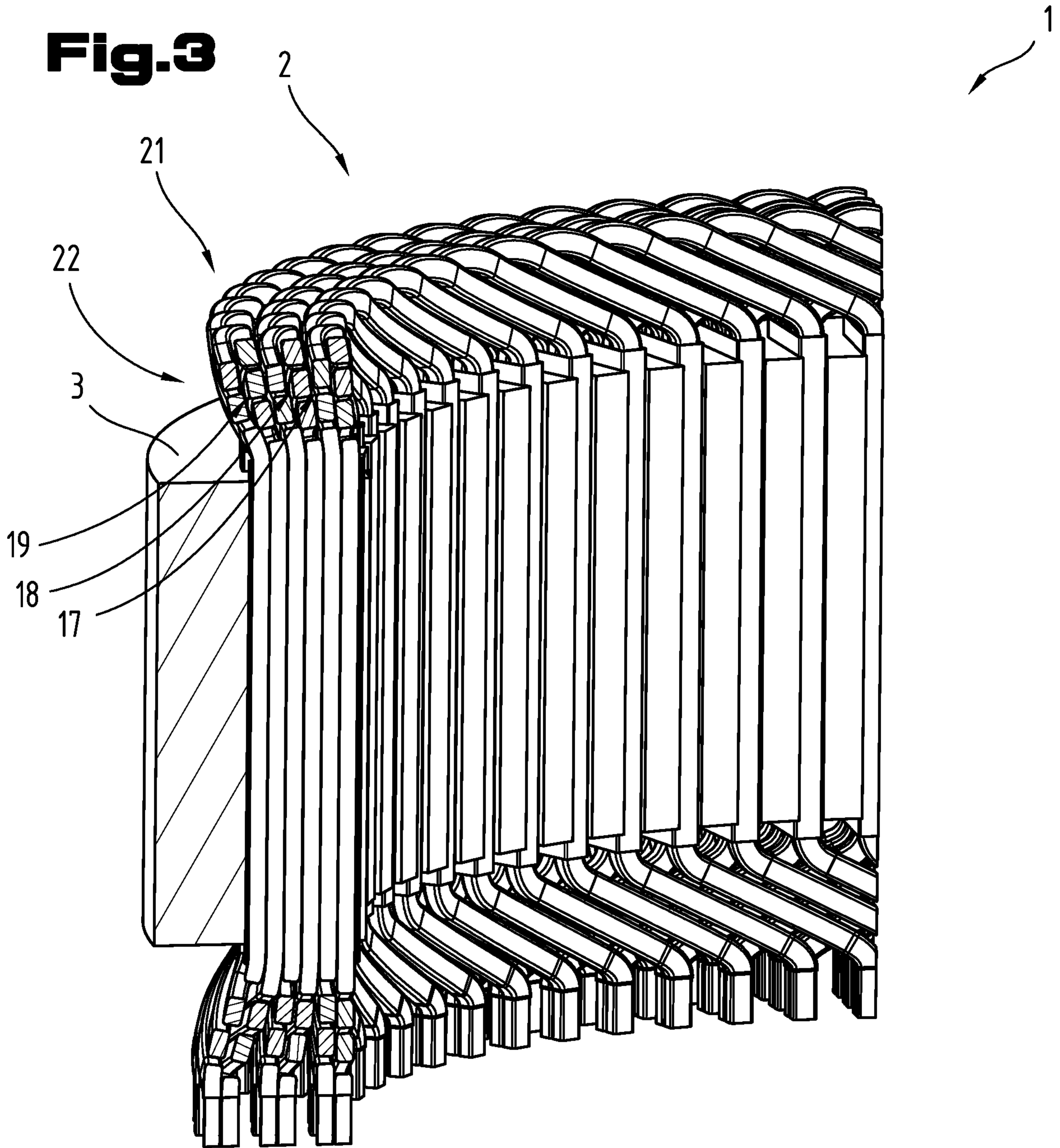


Fig.4

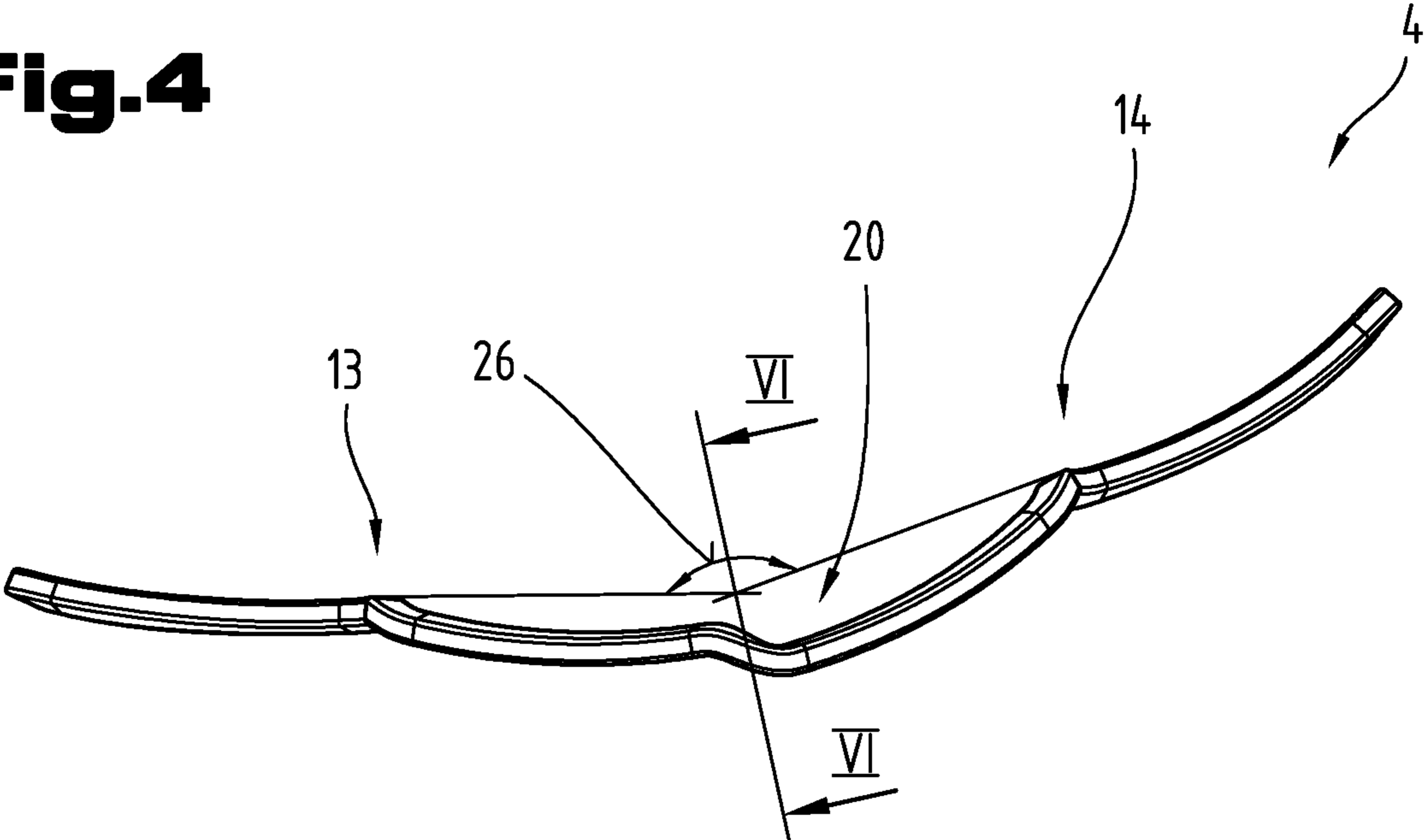
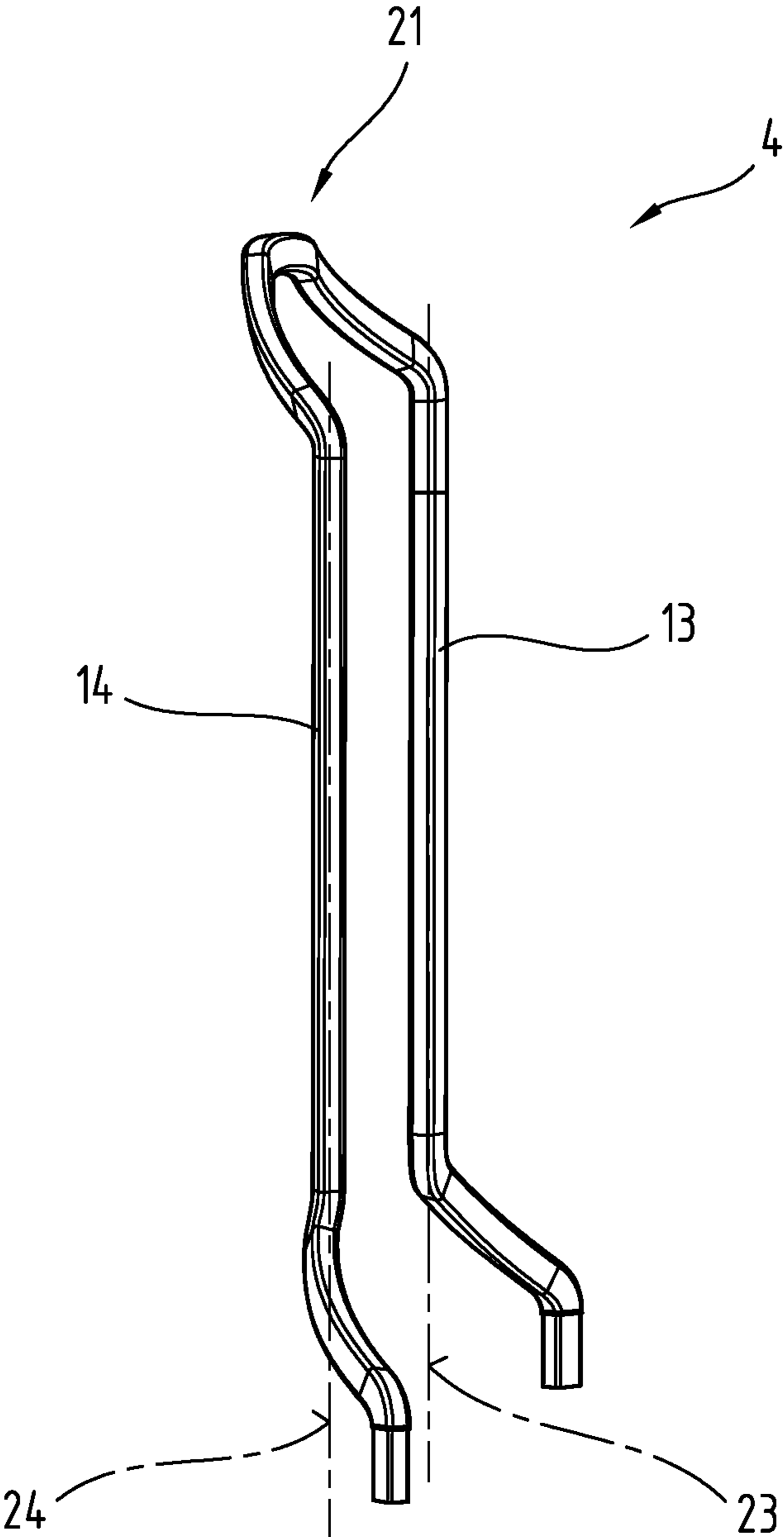
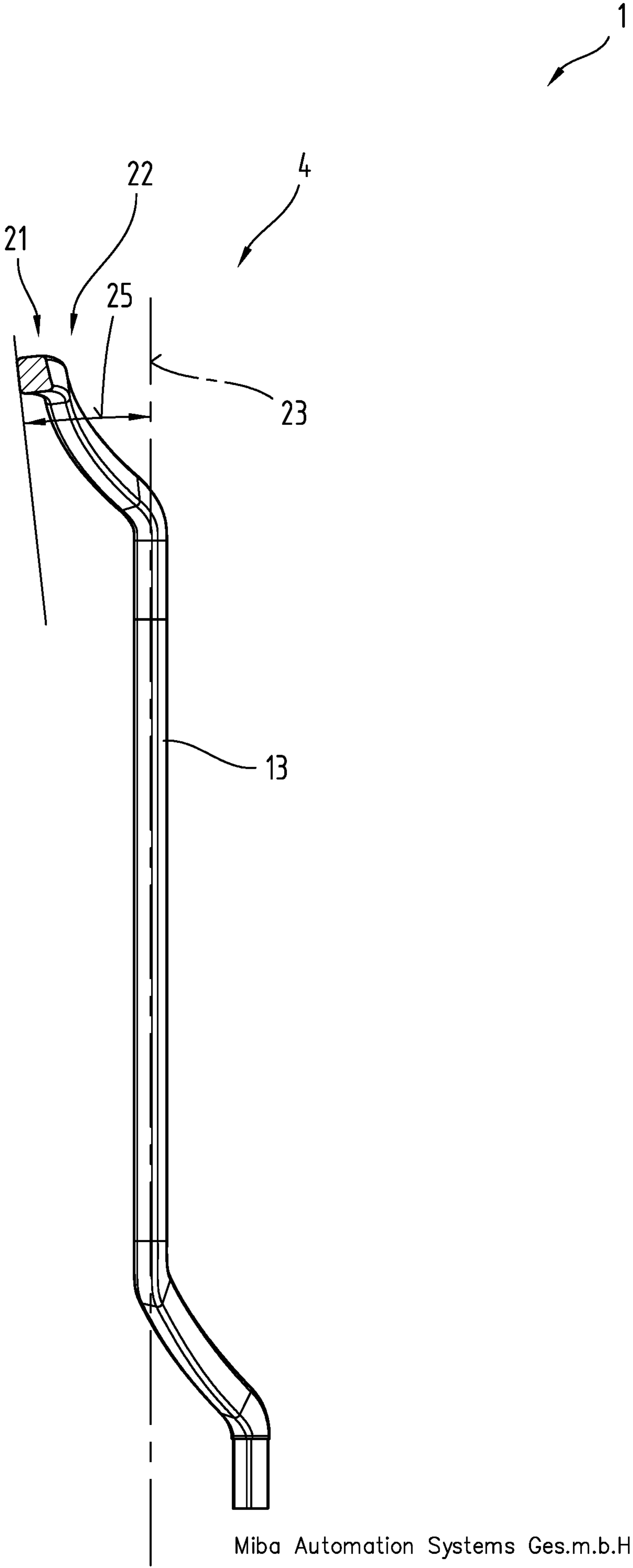


Fig.5



Miba Automation Systems Ges.m.b.H.

Fig.6



Miba Automation Systems Ges.m.b.H.

Fig.8

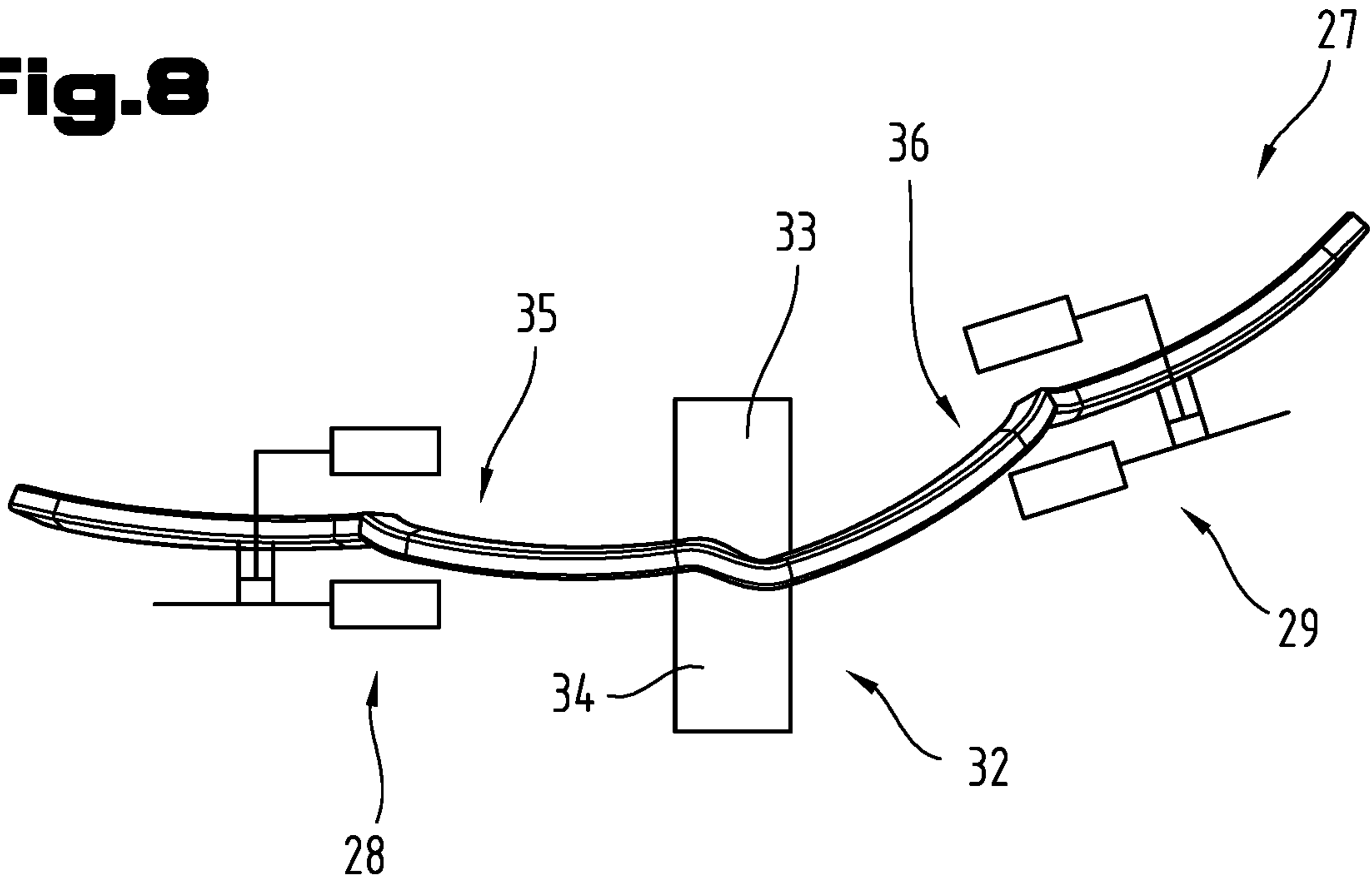


Fig.7

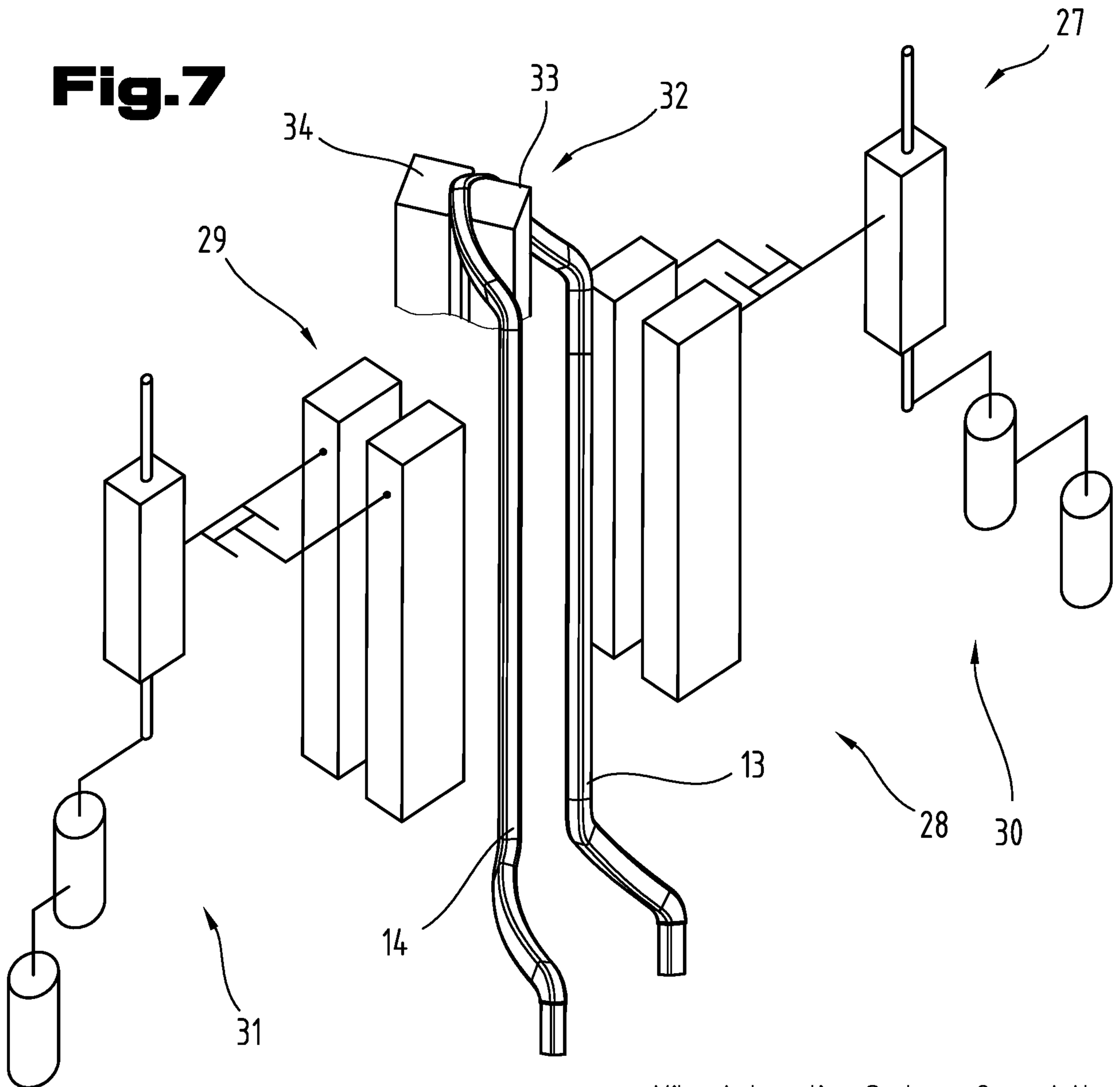
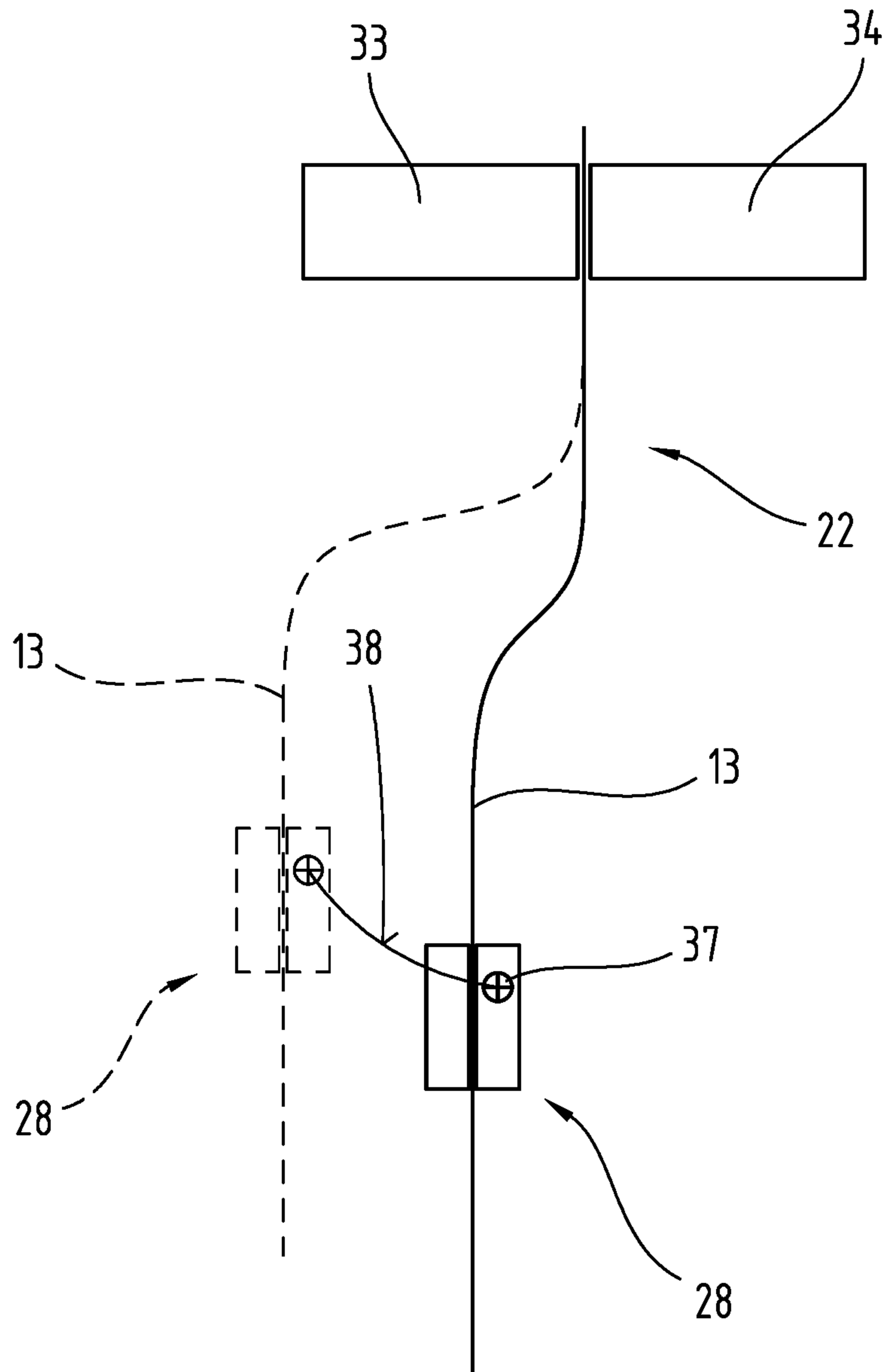


Fig.9



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: H02K 15/04 (2006.01)				
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: H02K 15/0421 (2013.01)				
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): H02K				
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPIAP, PATENW, PATDEW				
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 10.10.2019 eingereichten Ansprüchen 1-13 erstellt.				
Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch		
X	DE 102017004538 A1 (GEHRING E TECH GMBH) 15. November 2018 (15.11.2018) Zusammenfassung, Fig. 5-18, Beschreibung der Figuren	1-4, 7-13		
Datum der Beendigung der Recherche: 06.08.2020		Seite 1 von 1		
		Prüfer(in): KARLICEK Gerhard		
^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „älteres Recht“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist. </td> </tr> </table>			X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.	A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.
X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.	A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.			