

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
28. September 2017 (28.09.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/162473 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
*B29C 65/44* (2006.01)    *B29C 65/18* (2006.01)  
*B29C 65/46* (2006.01)    *B29K 101/12* (2006.01)  
*B29C 65/76* (2006.01)    *B29K 705/00* (2006.01)  
*B29C 65/16* (2006.01)    *B29K 709/02* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2017/055934
- (22) **Internationales Anmeldedatum:** 14. März 2017 (14.03.2017)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:** 10 2016 204 797.3 23. März 2016 (23.03.2016) DE
- (71) **Anmelder:** FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [—/DE]; HansasträÙe 27c, 80686 München (DE). TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN [DE/DE]; Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden (DE).
- (72) **Erfinder:** LANGER, Maurice; Augsburger Str. 38, 01309 Dresden (DE). KLOTZBACH, Annett; Pabststr. 5, 01326 Dresden (DE). PAUTZSCH, Robert; Bayreuther Str. 11, 01187 Dresden (DE).
- (74) **Anwalt:** PFENNING, MEINIG & PARTNER MBB; An der Frauenkirche 20, 01067 Dresden (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING OR FOR INTERRUPTING A CONNECTION BETWEEN AT LEAST ONE METAL OR CERAMIC COMPONENT AND A COMPONENT FORMED FROM OR WITH A THERMOPLASTIC POLYMER

(54) **Bezeichnung :** VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG ODER ZUM TRENNEN EINER VERBINDUNG MINDESTENS EINES METALLISCHEN ODER KERAMISCHEN BAUTEILS UND EINES AUS ODER MIT EINEM THERMOPLASTISCHEN POLYMER GEBILDETEN BAUTEILS

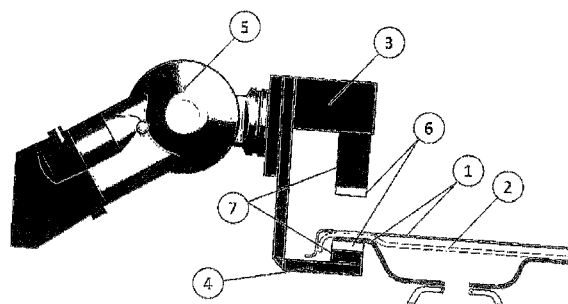


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a device and a method for producing an integral or integral and positive connection or for interrupting such a connection between at least one metal or ceramic component (1) and a component (2) formed from or with a thermoplastic polymer, in which the components (1, 2) to be joined together can be pressed together using a press device comprising a counter-holder (4) and a pressure stamp (3). A heating device (6) is provided on the pressure stamp (3) and/or the counter-holder (4) or active thereon. The heating device (6) is used to heat the at least one metal or ceramic component (1) above the softening temperature of the component (2) formed from or with the polymer, the heating device (6) being formed with at least one electrical resistance heating element covered with an electrically insulating, preferably ceramic protective layer, and/or with at least one laser beam which is oriented

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2017/162473 A1



KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

towards the at least one metal component (1) inside the joining region, and/or with at least one inductor provided on the pressure stamp (3) and/or the counter-holder (4) for the inductive heating of the metal component (1).

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung einer stoffschlüssigen oder stoff- und formschlüssigen oder zum Trennen einer solchen Verbindung mindestens eines metallischen oder keramischen Bauelements (1) und eines aus oder mit einem thermoplastischen Polymer gebildeten Bauelements (2), bei der die miteinander zu fügenden Bauelemente (1, 2) mit einer einen Gegenhalter (4) und ein Druckstempel (3) aufweisenden Presseinrichtung zusammenpressbar sind. Am Druckstempel (3) und/oder dem Gegenhalter (4) ist eine Heizeinrichtung (6) vorhanden oder sie wirkt dort. Mit der Heizeinrichtung (6) ist eine Erwärmung des mindestens einen metallischen oder keramischen Bauelements (1) bis oberhalb der Erweichungstemperatur des aus oder mit Polymer gebildeten Bauelements (2) erreichbar; wobei die Heizeinrichtung (6) mit mindestens einem elektrischen Widerstandsheizelement, das von einer elektrisch isolierenden, bevorzugt keramischen Schutzschicht überdeckt ist, und/oder mit mindestens einem Laserstrahl, der auf das/die metallische Bauelement(e) (1) innerhalb des Fügebereiches gerichtet ist, und/oder mit mindestens einem am Druckstempel (3) und/oder dem Gegenhalter (4) vorhanden Induktor zur induktiven Erwärmung des/der metallischen Bauelemente(s) (1) gebildet ist.

VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG ODER ZUM TRENNEN EINER VERBINDUNG MINDESTENS EINES METALLISCHEN ODER KERAMISCHEN BAUTEILS UND EINES AUS ODER MIT EINEM THERMOPLASTISCHEN POLYMER GEBILDETEN BAUTEILS

5

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung oder zum Trennen einer stoffschlüssigen oder stoff- und formschlüssigen Verbindung mindestens eines metallischen oder keramischen Bauteils und einem aus oder mit einem thermoplastischen Polymer gebildeten Bauteils.

10

In der Automobilindustrie ist das Widerstandsschweißen, welches zumeist mit Hilfe von robotergeführten Schweißzangen durchgeführt wird, ein gängiges Verfahren um Karosserieteile miteinander zu verbinden. Hierbei werden zwei gegenüberliegende Elektroden punktuell zusammengepresst und ein Stromfluss durch die elektrisch leitfähigen Werkstoffe initiiert, die daraufhin aufgrund der Jouleschen-Stromwärme aufschmelzen, wobei der Druck während und nach dem Stromfluss die stabile Verbindung unterstützt.

15

Die Schweißnaht entsteht, wenn die aufgeschmolzenen Teile wieder erstarren.

5  
Zunehmend spielen auch die Kombination von Metallen und Thermoplasten bzw. thermoplastischen Verbundwerkstoffen im strukturellen Leichtbau eine zentrale Rolle, denn das geringe Gewicht und die spezifischen hohen Festigkeiten der Verbundwerkstoffe ergänzen sich mit den Eigenschaften der Metalle vorteilhaft. Bisheriges Problem ist es, ein für den industriellen Großeinsatz geeignetes Verfahren zu entwickeln, um diese artungleichen Materialien mit  
10  
Prozesszeiten  $\ll 30s$  zu fügen, sodass in den darauffolgenden Arbeitsschritten eine sofortige Beanspruchung der Verbindung, z.B. zur Realisierung eines Materialflusses mit Verbindungsfestigkeiten im Bereich geklebter Bauteile oder darüber realisiert werden kann. Der unterschiedliche physikalische Aufbau der Materialien und deren ungleiche Wärmeausdehnungskoeffizienten  
15  
erfordern dabei spezielle Fügeverfahren.

Ein bisheriger Ansatz Metallteile mit Thermoplasten bzw. thermoplastischen Verbundwerkstoffen im Strukturleichtbau zu verbinden, besteht darin, die Werkstoffe mit einem geeigneten Klebstoff zu fügen. Voraussetzung hierfür  
20  
ist eine zeit- und kostenintensive Vorbereitung der Klebestellen, die Notwendigkeit zur Verwendung von Zusatzmaterial (Klebstoff) sowie die Einhaltung von Aushärtezeiten, die typischerweise im Bereich von mehreren Minuten bis Stunden liegen.

25  
Ein weiterer Ansatz sind Metall-Thermoplast-Halbzeuge, bei denen metallische Platinen abwechselnd mit einem thermoplastischen oder duromeren Organoblech geschichtet werden und anschließend in einer diskontinuierlichen Fügepresse bei erhöhten Temperaturen und erhöhtem Druck miteinander verbunden werden. Dieses sogenannte Heißpressen wird ebenfalls für  
30  
bereits vorgeformte Metallteile eingesetzt, bei dem Faserverbundpatches aufgebracht werden.

Für einzelne Bauteile wurde auch das In-Mold Verfahren etabliert, bei dem  
35  
der Kunststoff direkt in einem Spritzgussprozess an das Metall angespritzt oder ein Metallteil umspritzt wird. Dabei ist man allerdings erheblich in der Flexibilität der Bauteilgeometrie und bei der Werkstoffauswahl eingeschränkt,

da der Kunststoff in einer Spritzgussmaschine verarbeitet werden muss.

Mechanische Fügeverfahren, wie Schrauben und Nieten bewirken lokale Querschnittsverminderungen mit gestörtem Kraftfluss bei Faser-Kunststoff-Verbunden (FKV) und verschlechtern somit die Materialeigenschaften wesentlich.

Die genannten Ansätze sind bisher für einen industriellen Einsatz nur bedingt geeignet, da die Kosten und insbesondere die Fertigungszeiten immer noch recht hoch sind. Des Weiteren ist eine einfache Integration des thermischen Direktfügens, das heißt ohne Einsatz von Zusatzmaterial, wie Klebstoff, in den industriellen Fertigungsprozess nur zu realisieren, wenn ein kompaktes und flexibles Werkzeug bzw. eine solche Vorrichtung angeboten werden kann.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, Möglichkeiten für eine sichere Verbindung mindestens eines metallischen Bauelements mit einem aus oder mit einem thermoplastischen Polymer gebildeten Bauelement in verkürzter Taktzeit herstellen oder trennen zu können, anzugeben.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einer Vorrichtung, die die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist, gelöst. Ein Herstellungsverfahren ist mit dem Anspruch 7 definiert. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung können mit in untergeordneten Ansprüchen bezeichneten Merkmalen realisiert werden.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Herstellung oder zum Trennen einer stoffschlüssigen oder stoff- und formschlüssigen Verbindung mindestens eines metallischen oder keramischen Bauelements und einem aus oder mit einem thermoplastischen Polymer gebildeten Bauelements sind die miteinander zu fügenden Bauelemente mit einer einen Gegenhalter und ein Druckstempel aufweisenden Presseinrichtung zusammenpressbar oder auseinanderziehbar.

Am Druckstempel und/oder dem Gegenhalter ist eine Heizeinrichtung vorhanden. Sie wirkt so, dass zumindest eine partielle Erwärmung des mindestens einen metallischen oder keramischen Bauelements bis oberhalb

der Erweichungstemperatur und ggf. auch unterhalb der Zersetzungstemperatur des aus oder mit Polymer gebildeten Bauelements erreichbar ist. Die Zersetzungstemperatur sollte zumindest beim Fügen nicht überschritten werden.

5

Die Heizeinrichtung ist in Form mindestens einer der drei folgenden Alternativen ausgebildet.

10

- Die Heizeinrichtung weist mindestens ein elektrisches Widerstandsheizelement auf, das von einer elektrisch isolierenden, bevorzugt keramischen Schutzschicht überdeckt ist.

15

- Mindestens einen Laserstrahl, der bevorzugt durch ein für die Laserstrahlung transparentes Element, das Bestandteil des Druckstempels und/oder des Gegenhalters ist, ist auf das/die metallische(n) oder keramische(n) Bauelement(e) innerhalb des Fügebereiches gerichtet. Es können aber auch mehrere Laserstrahlen genutzt werden, die von einer Arrayanordnung mehrerer Laserstrahlquellen, die bevorzugt einzeln ansteuerbar sind, auf eine Oberfläche eines metallischen oder keramischen Elements gerichtet werden können.

20

- Sie weist mindestens einen am Druckstempel und/oder neben dem Gegenhalter vorhandenen Induktor zur induktiven Erwärmung des/der metallischen Bauelemente(s) auf. gebildet ist.

25

So sollte mittels der Heizeinrichtung eine lokal definierte Erwärmung des/der metallischen oder keramischen Bauelemente(s) im Fügebereich dadurch erreichbar sein; indem mehrere elektrische Widerstandsheizelemente jeweils einzeln ansteuerbar und dabei in Form von punkt-, linien-, rechteck-, ringförmigen und/oder kreisringsegmentförmigen elektrischen Widerstandsheizelementen ausgebildet sind, mit denen jeweils bevorzugt eine Heizrate größer 500 K/s und innerhalb des Fügebereiches eine zumindest nahezu gleichmäßige durch inhomogene Wärmeinleitung ein zumindest bevorzugt nahezu homogenes Temperaturfeld in der Grenzfläche zwischen den Fügepartnern erreichbar ist.

35

Dazu kann allein oder zusätzlich jeweils mindestens eine der zwei nachfolgend genannten Möglichkeiten zur Erwärmung des Polymers angewendet werden.

5 Der mindestens eine Laserstrahl kann in Abhängigkeit einer mit einer orts aufgelöst erfassenden Temperaturmessereinrichtung so auslenkbar und betreibbar sein, dass im Fügebereich eine zumindest nahezu homogene Temperatur erreichbar ist. Der Laserstrahl kann aber auch gesteuert betrieben werden, wenn die mit ihm erreichbare lokale Erwärmung innerhalb des Fügebereichs vorab ermittelt worden oder bekannt ist. Die Temperatur kann 10 beispielsweise mit einem Pyrometer oder thermografisch gemessen bzw. ermittelt werden. Es kann auch eine Veränderung an der Oberfläche eines beheizten Bauelements dabei berücksichtigt werden, wie dies beispielsweise bei Auftreten von Anlassfarben der Fall ist. Damit ist auch die Erkennung von Fehlern bei der Durchführung des Verfahrens detektierbar, da beispielsweise 15 zu hohe Temperaturen an einem metallischen oder keramischen Bauelement auftreten können, wenn kein ausreichender berührender Kontakt zur Oberfläche eines mit einem thermoplastischen Polymer gebildeten Bauelements besteht und nicht ausreichend Wärme durch Wärmeleitung an dieses mit einem thermoplastischen Polymer gebildeten Bauelement 20 abgegeben werden kann.

Der mindestens eine Induktor kann so gestaltet sein, dass er in Bezug zu einem metallischen Bauelement bewegbar und/oder regelbar betreibbar ist, so dass im Fügebereich eine zumindest nahezu homogene Temperatur erreichbar ist. 25 Bei mehreren Induktoren können diese jeweils einzeln gesteuert und/oder geregelt werden.

Die Erfindung kann aber auch zum Trennen von solchen Bauelementen genutzt werden. Dabei erfolgt die Erwärmung des thermoplastischen Polymers im Fügebereich, so wie bei einem stoffschlüssigen oder stoff- und 30 formschlüssigen Fügen bis zu einer geeigneten Temperatur. Mittels an Druckstempel und Gegenhalter vorhandenen Fixier- oder Klemmelementen, die bevorzugt über den äußeren Umfang verteilt an den metallischen oder keramischen Bauelementen angreifen, können bei einer Bewegung von 35 Druckstempel und Gegenhalter, bei der sich beide voneinander entfernen,

Zugkräfte an den metallischen oder keramischen Bauelementen wirken, die zum Trennen einer vorab hergestellten Verbindung führen.

An der Vorrichtung kann auch eine Kühleinrichtung vorhanden sein, die bevorzugt in Druckstempel und/oder Gegenhalter integriert werden kann.

Eine Kühleinrichtung kann folgendermaßen gestaltet sein:

- Kühlung des jeweiligen metallischen oder keramischen Bauelements durch erzwungene Konvektion über Gase, die auf Raumtemperatur oder deutlich unter Raumtemperatur abgekühlt sind und auf die Fügepartner als Strömung gerichtet werden.
- Kühlung durch Wärmeleitung über nach dem Erwärmungsprozess aktivierbare Kühlplatten mit flüssigen oder gasförmigen Kühlmedien
- Wärmeableitung über Druckstempel oder Gegenhalter.

Mit einer Kühlung kann die Taktzeit weiter reduziert werden, da der Erstarrungsprozess des thermoplastischen Werkstoffs nach der Erwärmung verkürzt werden kann.

Für die Ausbildung einer auch formschlüssigen Verbindung kann es vorteilhaft sein, dass im mindestens einen metallischen oder keramischen Bauelement innerhalb des Fügebereichs mindestens eine Durchbrechung und/oder eine Vertiefung in die erweichtes oder geschmolzenes Polymer gelangt oder eine Erhebung, die in das erweichte oder geschmolzene Polymer eindringt, vorhanden ist, die für eine formschlüssige Verbindung nutzbar ist/sind. So kann das erweichte und ggf. sogar geschmolzene Polymer durch die Druckkraftwirkung von Druckstempel und Gegenhalter einen entsprechenden Hohlraum ausfüllen und dabei sogar eine oder mehrere Hinterschneidung(en) ausfüllen oder einen nach außen weisenden Rand einer Durchbrechung umgreifen. Eine Erhebung kann in das erweichte Polymer eindringen und sich dort nach dem Erstarren verhaken. Eine oder mehrere Erhebung(en) kann/können dabei auch so in das Polymer eingedrückt werden, dass es zwischen mehrere Fasern bzw. Faserlagen eindringt und so ein noch festerer Verbund zwischen Metall oder Keramik und Faserverbundkomposit erreicht werden kann.

Erfolgt die Erwärmung des mindestens einen metallischen oder keramischen Bauelements innerhalb des Fügebereichs sollte der mindestens eine Laserstrahl in Abhängigkeit der orts aufgelöst innerhalb des Fügebereichs an dem/den metallischen Bauelement(en) gemessenen oder bekannten  
5 Temperaturen in seiner Vorschubbewegungsrichtung, der Vorschubgeschwindigkeit des Brennflecks des Laserstrahls, der Größe der Fläche des Brennflecks, seiner Leistung und/oder der Pulsrate und Pulslänge bei einem gepulsten Betrieb des Laserstrahls regelbar betreibbar sein, so dass eine zumindest nahezu konstante Temperatur im Fügebereich des jeweiligen  
10 bestrahlten metallischen oder keramischen Bauelements eingehalten und die Temperatur oberhalb der Erweichungstemperatur und beim Fügen möglichst auch unterhalb der Zersetzungstemperatur des Polymers gehalten werden kann. Bei einer Beeinflussung der Größe der Fläche des Brennflecks kann der Laserstrahl so fokussiert werden, dass die Brennpunktebene oberhalb der  
15 Oberfläche des bestrahlten metallischen oder keramischen Bauelements angeordnet ist, da so größere Vorschubbewegungsgeschwindigkeiten realisierbar sind.

Die Erwärmung des/der metallischen oder keramischen Bauelemente(s) kann  
20 bei allen Alternativen von Heizeinrichtungen auch durch die wirkenden Druckkräfte, die mit Druckstempel und Gegenhalter aufgebracht werden, beeinflusst werden, da damit die thermische Leitung zwischen den unterschiedlichen Bauteilwerkstoffen beeinflussbar ist.

Ein Aspekt der bei der Erwärmung auch beachtet werden sollte, besteht darin, dass die Temperaturerhöhung so beeinflusst wird, dass eine homogene Temperaturverteilung im Fügebereich durch thermische Leitung auf der  
25 Oberfläche eines metallischen oder keramischen Bauelements eingehalten wird, die im Kontakt mit dem polymeren Werkstoff steht. Die eigentlich erwärmte Oberfläche kann Temperaturgradienten über die erwärmte Fläche  
30 aufweisen.

Bei der Erwärmung spielen die Eigenschaften des jeweiligen Polymers eine wesentliche Rolle, was insbesondere die durch die Erwärmung erreichbare  
35 Viskosität betrifft, mit der ein viskoses Fließverhalten erst möglich ist. Weitere Einflussgrößen sind der Werkstoff, insbesondere die thermische Leitfähigkeit

und die Dicke des/der metallischen oder keramischen Bauelemente(s) sowie die Bauteilgeometrie das/die mittels der Heizeinrichtung erwärmt werden. Von besonderer Bedeutung bei der Erwärmung der metallischen Partner ist die durch die Bauteilgeometrie vorhandene anisotrope Wärmeleitung im Fügebereich bei direkter Bestrahlung des rückseitigen Bereiches der Fügefläche. Es ist deshalb ein gesteuerter örtlich angepasster Wärmeeintrag erforderlich um eine homogenes Temperaturfeld im Fügebereich zu erzielen.

Ein aus bzw. mit einem Polymer gebildetes Bauelement kann an zwei gegenüberliegenden Seiten mit jeweils einem metallischen und/oder keramischen Bauelement verbunden werden. Dabei sollte eine Heizeinrichtung an Druckstempel und Gegenhalter vorhanden sein bzw. dort wirken. In diesem Fall kann ein Laserstrahl auch vor dem Auftreffen auf das Metall oder die Keramik in mindestens zwei Teilstrahlen geteilt und mit reflektierenden Elementen die Teilstrahlen auf gegenüberliegende Oberflächen der zwei metallischen Bauelemente gerichtet werden.

Auch die bereits erwähnte Auslenkung eines Laserstrahls kann mittels verschwenkbarer reflektierender Elemente so genannten Scanner- oder Galvospiegeln erreicht werden. Durch die Verschwenkbewegung eines oder mehrerer solcher reflektierender Elemente kann sowohl die Vorschubbewegungsrichtung, wie auch die Vorschubgeschwindigkeit des Brennflecks beeinflusst werden.

Bei der Herstellung einer stoffschlüssigen oder stoff- und formschlüssigen Verbindung mindestens eines metallischen Bauelements und einem aus oder mit einem thermoplastischen Polymer gebildeten Bauelements, werden die miteinander zu fügenden Bauelemente mit einer einen Gegenhalter und ein Druckstempel aufweisenden Presseinrichtung zusammen gepresst. Eine solche Vorrichtung kann prinzipiell dem Aufbau einer an sich bekannten Punktschweißzange ähneln.

Zumindest während des Zusammenpressens erfolgt eine Erwärmung des Polymers mit mindestens einer am Druckstempel und/oder dem Gegenhalter vorhandenen Heizeinrichtung. Die Erwärmung des mindestens einen metallischen oder keramischen Bauelements erfolgt dabei bis oberhalb der

Erweichungstemperatur und beim Fügen unterhalb der Zersetzungstemperatur des aus oder mit dem Polymer gebildeten Bauelements.

5 Nach Abschluss der Erwärmungsphase (Erreichen der Solltemperatur und Haltedauer im Fügebereich) erfolgt die Abkühlung, so dass das Polymer erstarrt und sich ein Form- oder/und Stoffschluss zwischen thermoplastischen Polymer und Metall bzw. Keramik ausbildet. Mit Unterschreitung der Konsolidierungstemperatur wird das Zusammenpressen und damit der eigentliche Fügeprozess beendet.

10

Die mit mindestens einem elektrischen Widerstandsheizelement, das von einer elektrisch isolierenden, bevorzugt keramischen Schutzschicht überdeckt ist, ausgebildete Heizeinrichtung kann dabei in einer Alternative gesteuert oder geregelt betrieben werden, wenn einmal das Erwärmungsverhalten bekannt und bevorzugt vorab ermittelt worden ist oder bei der Erwärmung eine ortsaufgelöste Erfassung der Temperatur innerhalb des Fügebereichs durchgeführt wird.

15

20

In einer weiteren Alternative, bei der die Erwärmung innerhalb des Fügebereichs mit mindestens einem zweidimensional auslenkbaren Laserstrahl, der bevorzugt durch ein für die Laserstrahlung transparentes Element, das Bestandteil des Druckstempels und/oder des Gegenhalters ist, auf das/die metallische oder keramische Bauelement(e) gerichtet ist, kann eine Beeinflussung der Auslenkbewegung des Laserstrahls, seiner Strahlformung und/oder der Energie die lokal definiert innerhalb des Fügebereiches in den Werkstoff des metallischen Bauelements einkoppelbar ist, in geregelter oder gesteuerter Form erfolgen.

25

30

Bei einer dritten Alternative wird mit mindestens einem am Druckstempel und/oder dem Gegenhalter vorhanden Induktor, der zur induktiven Erwärmung des/der metallischen Bauelemente(s) ausgebildet ist, die erforderliche Erwärmung durchgeführt und dabei eine Regelung oder Steuerung vorgenommen, mit der eine lokal definierte Erwärmung innerhalb des Fügebereichs erreicht wird.

35

Durch Wärmeleitung erfolgt im Kontaktbereich ein gezieltes Erweichen

(Plastifizieren) bis hin zum Schmelzen des thermoplastischen Werkstoffs bzw. der thermoplastischen Werkstoffmatrix eines bevorzugt vorkonsolidiertem Faserverbund-Halbzeuges (sog. Organobleche). Durch das Aufbringen eines Fügedrucks fließt das erweichte (plastifizierte) oder sogar das geschmolzene Polymermaterial und kann für die Ausbildung einer stoff- und ggf. zusätzlich formschlüssigen Verbindung in die ggf. zuvor ausgebildete Strukturen (Durchbrechungen, Vertiefungen) ggf. mit Hinterschnittgeometrie, die in einem metallischen Bauelement innerhalb eines Fügebereichs ausgebildet sind, gelangen und erstarrt dort, so dass das Polymer stoffschlüssig an eine bevorzugt haftvermittelnde Schicht anbinden kann, die an der Oberfläche eines metallischen oder keramischen Bauelements ausgebildet sein kann.

Die erreichbaren Prozesstaktzeiten lassen sich so auf nur wenige Sekunden ohne die Verwendung zusätzlicher Verbindungselemente verkürzen, was gegenüber konventionellen Verfahrenslösungen, wie dem Kleben bzw. aufkleben zusätzlicher Verbindungselemente einen entscheidenden Vorteil darstellt.

Um das thermische Direktfügen auf der Basis von Wärmeleitung im industriellen Großeinsatz wirtschaftlich zu ermöglichen, kann mit den folgenden Lösungswegen vorgegangen werden:

1. Ein hochdynamischer Keramikheizer, der ein oder auch mehrschichtig ausgebildet sein kann, oder eine laserinduzierte Erwärmung metallischer Fügepartner bzw. ein induktiv angeregter Bereich als Wärmequelle für das Verfahren genutzt werden.
2. Ein hochdynamischer Keramikheizer mit mindestens einem elektrischen Widerstandsheizelement sollte so gestaltet sein, dass eine inhomogene Erwärmung zur Erreichung eines homogenen Temperaturfeldes im Fügebereich mittels sehr guter Wärmeleitung erreicht und ein Kurzschluss bei Kontakt und Erwärmung eines elektrisch leitfähigen Fügepartners verhindert werden können.
3. Ein Keramikheizer bzw. ein lasertransparentes Element/Medium oder die Spule(n) eines Induktors, der/das in/an einem Werkzeug verbaut ist, können mit einem gezielten Fügedruck im gewünschten Fügebereich zusammen gepresst werden.

4. Der Bereich eines Druckstempels bzw. eines Gegenhalters, der Kontakt mit dem jeweiligen Fügepartner hat, sollte so ausgelegt sein, dass die zu fügenden Oberflächenkonturen abgebildet werden, also dementsprechend komplementär konturiert sein.
5. Die Vorrichtung oder ein Teil der Vorrichtung, der mit den zu fügenden Bauelementen in Kontakt kommt, kann so ausgelegt werden, dass ein Einsatz sowohl händisch, als auch mit einem Roboter oder Linearantriebssystem realisiert werden kann.
6. Der Einsatz von vorhergehenden haftungsverbessernden Verfahren (z.B. Haftvermittler, Sandstrahlen, Laserstrukturierung etc.) im Fügebereich der beiden Materialien kann vor dem Fügen durchgeführt werden.
7. In/an der Vorrichtung können Elemente zur gezielten Abkühlung der Fügepartner integriert oder vorhanden sein, die entweder auf Basis erzwungener Konvektion über Gase oder gezielter Wärmeleitung durch aktivierbare Kühlplatten oder Wärmeabfuhr über Druckstempel und Vorrichtung eine Kühlwirkung des thermoplastischen Polymers hervorrufen.

Bei der Erfindung handelt es sich um eine Vorrichtung zum Fügen von Metallen mit Thermoplasten bzw. thermoplastischen Verbundwerkstoffen auf der Basis des thermischen Direktfügens durch Wärmeleitung. Den prinzipiellen Aufbau eines Beispiels einer solchen Vorrichtung kann man Figur 1 entnehmen. Dabei ist eine hochdynamische Heizeinrichtung mit keramischer Deckschicht, alternativ auch kombiniert oder einzeln mit Einsatz von Laserstrahlung oder mindestens eines Induktors möglich. Ein Wärmeeintrag innerhalb des Fügebereichs an metallischen oder keramischen Bauelementen kann ein oder beidseitig erreicht werden. Dabei kann eine Erwärmung an einer Seite an einem metallischen oder keramischen Bauelement und einem anderen metallischen oder keramischen Bauelement zwischen denen ein Bauelement, das mit aus oder mit einem thermoplastischen Werkstoff gebildet ist, erfolgen. Die Erwärmung kann an beiden Seiten mit einer gleichen Heizeinrichtung oder an einer Seite mit einer Heizeinrichtung und an der gegenüberliegenden Seite mit einer anderen Heizeinrichtung, die ausgewählt sind aus elektrischem Widerstandsheizelement(en) (vorzugsweise hochdynamischen

Keramikheizern), Laserstrahl und/oder Induktor, vorgenommen werden.

Um einen elektrischen Kurzschluss zwischen der hochdynamischen Keramikheizerschicht mindestens eines elektrischen Widerstandsheizelements und einer elektrisch leitfähigen Bauteiloberfläche zu verhindern, sollten  
5 sehr gut wärmeleitfähige Beschichtungen mit elektrisch isolierenden Eigenschaften aus einem bevorzugt keramischen Werkstoff auf den elektrischen Widerstandsheizelement(en) aufgebracht sein, die ähnliche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen. Für eine solche Beschichtung können z.B. aus-  
10 härtende Wärmeleitpasten, Siliciumdioxidschichten oder Schichten aus hexagonalem Bornitrid eingesetzt werden.

Im Falle des thermisch induzierten Erwärmens über Laserstrahlung können das Aufbringen des Fügedrucks und das Einkoppeln der Laserstrahlung mittels  
15 eines lasertransparenten Elements/Mediums, das am Druckstempel oder Gegenhalter angeordnet ist, und das mit einer Oberfläche eines metallischen Bauelementes in berührenden Kontakt gebracht worden ist, erreicht werden. Dabei kann die Presskraftwirkung und die Laserstrahlbeaufschlagung innerhalb des Fügebereichs direkt mit dem lasertransparenten Element/Medium  
20 und die Laserstrahlung durch dieses hindurch auf eine Oberfläche eines metallischen oder keramischen Bauelements im Fügebereich gerichtet werden. Dabei kann das metallische oder keramische Bauelement direkt erwärmt und der thermoplastische polymere Werkstoff kann auf der Rückseite durch die auftretende Wärmeleitung erwärmt und so ein Plastifizieren des thermoplastischen Werkstoffs erreicht werden. Das laserbasierte Einbringen von Wärme  
25 in die metallische(n) oder keramische(n) Bauteiloberfläche(n) bietet gegenüber der konventionellen Erwärmung gegenüber Heizelementen, die Möglichkeit eines örtlich lokal begrenzten und wenn benötigt auch gradierten Temperaturverlauf mit integrierter Pyrometerregelung und hoher geometrischer Flexibilität. Mittels elektrischer Induktion lassen sich beliebige Anordnungen  
30 von Metall und Thermoplast realisieren, ohne dass eine optische Zugänglichkeit erforderlich ist.

Mit der Erfindung können folgende Vorteile erreicht werden:

- Flexibler Einsatz der Vorrichtung ohne Geometrielimitation der miteinander zu fügenden oder zu trennender Bauelemente durch den Einsatz von insbesondere geometrisch und entsprechend konturierten angepassten Druckstempeln und Gegenhaltern
- 5
- Extrem kurze Prozesszeiten durch hochdynamische Erwärmung und Abkühlung (z.B. hochdynamische Keramikheizer mit 7000 K/s sowie sehr hohen Temperaturgradienten von bis zu 350 K/mm), während konventionelle keramische Heizplatten z.B. aus Silizium- oder Aluminiumnitrid mit Heizraten  $\ll$  200K/s ein deutlich trägeres
- 10
- Verhalten aufweisen
  - Breite Auswahl an zu fügenden oder voneinander zu trennenden Werkstoffen, da nur ein Anschmelzen, mit ausreichender Erweichung oberhalb der Glasübergangstemperatur ( $T_G$ ) des thermoplastischen Polymers bzw. der thermoplastischen Matrix erforderlich ist
- 15
- Einsatz sowohl zum Vorfixieren, wie auch zum vollständigen Fügen von Bauteilen ist möglich
  - Bei entsprechender Steifigkeit der zu fügenden Bauelemente ist die Zugänglichkeit von nur einer Seite zur Herstellung einer einfachen Überlappverbindung ausreichend
- 20
- Bei geeigneter Oberflächenvorbehandlung kann eine Anbindung eines metallischen oder keramischen Bauelements bis in die Faserstruktur eines thermoplastischen Verbundwerkstoffs realisiert und somit höhere Verbindungsfestigkeiten als beim Kleben erzielt werden, da beim Kleben lediglich eine Haftung an der Grenzschicht erfolgt
- 25
- Definierte inhomogene Erwärmung um eine homogene Temperaturverteilung innerhalb des Fügebereichs zu erreichen (integrierte hochdynamische Temperaturerfassung und -regelung sind möglich).
  - Keramische elektrische Widerstandsheizelemente können angepasst
- 30
- auf den Einsatzzweck hergestellt und ausgetauscht werden

Nachfolgend soll die Erfindung beispielhaft näher erläutert werden.

Dabei zeigen:

Figur 1 in schematischer Form ein Beispiel einer erfindungsgemäßen  
5 Vorrichtung;

Figur 2 eine Ansicht auf eine Heizeinrichtung mit geometrisch ver-  
schiedenen elektrischen Widerstandsheizelementen;

10 Figur 3 eine Vorrichtung bei der eine Erwärmung mittels eines Laser-  
strahls erreichbar ist und

Figur 4 eine schematische Darstellung des Fügeprozesses

15

In Figur 1 ist ein Beispiel einer Vorrichtung gezeigt, bei der zwei metallische  
Bauelemente 1 mit einem Bauelement 2 aus einem Faserverbundkomposit  
miteinander in einem Fügebereich an zwei gegenüberliegenden Oberflächen  
miteinander verbunden werden sollen. Das Faserverbundkomposit besteht  
20 beispielsweise aus in einer thermoplastischen Matrix eingebettetem Glasfa-  
sergewebe.

20

An der Vorrichtung sind ein Druckstempel 3 und ein Gegenhalter 4 vorhan-  
den, die mittels eines translatorisch wirkenden Antriebs aufeinander zu be-  
wegbar sind. Zwischen dem Druckstempel 3 und dem Gegenhalter 4 können  
25 die Bauelemente 1 und 2 positioniert werden. Dazu kann die Vorrichtung mit-  
tels eines Industrieroboters 5 entsprechend positioniert und ausgerichtet  
werden.

25

Dabei kann jeweils eine Heizeinrichtung 6 am Druckstempel 3 und einem Ge-  
30 gegenhalter 4, die mit den metallischen Bauelementen 1 in berührenden Kon-  
takt gebracht werden, angebracht oder darin integriert sein.

30

Beim Aufeinander zu bewegen von Druckstempel 3 und Gegenhalter 4 wirken  
Druckkräfte, die die Bauelemente 1 und 2 zusammenpressen. Vor dem Berüh-  
ren oder gleichzeitig mit dem Berühren der Bauelemente 1 und 2 von Druck-  
35 stempel 3 und Gegenhalter 4 wird die Heizeinrichtung 6 aktiviert und es er-

35

folgt eine Erwärmung der metallischen Bauelemente 1 bis oberhalb der Erweichungs- bzw. Plastifizierungstemperatur des thermoplastischen Polymers innerhalb des Fügebereichs. Die Erwärmung kann bis zum Erreichen oder Überschreiten der Schmelztemperatur des Polymers erfolgen. Es darf aber keine Zersetzung auftreten.

Das Polymer des Bauelements 2 wird allein durch thermische Leitung von den metallischen Bauelementen 1 ausreichend erwärmt und kann so plastisch verformt werden, wobei die Verformung nach Abkühlung und Erstarren des Polymers beibehalten wird. Zur schnelleren Abkühlung kann mindestens ein Kühlelement (7) in der Vorrichtung integriert oder daran vorhanden sein. Es kann auch ein Kühlmedium in den Fügebereich gerichtet werden. Dies kann ein gekühltes Fluid sein, das als Strömung auf den Fügebereich gerichtet werden kann.

Nach dem ausreichenden Abkühlen und Erstarren können Druckstempel 3 und Gegenhalter 4 auseinander bewegt werden.

Druckstempel 3 und Gegenhalter 4 können mit vorgebbarem Fügedruck im Bereich von 0,1 MPa bis 20 MPa gegeneinander wirken und die Bauelemente 1 und 2 im Fügebereich zusammenpressen.

Mittels eines Kraft- und/oder Wegsensors kann/können die Druckkraftwirkung und/oder die Heizeinrichtung beeinflusst werden. So kann eine Wegbegrenzung bei der Aufeinanderzubewegung von Druckstempel 3 und Gegenhalter 4 erfolgen, die die Bewegung nach Erreichen eines vorgebbaren Weges beendet. Es kann aber auch die Heizeinrichtung 6 eingeschaltet werden, wenn ein bestimmter Weg zurück gelegt worden ist, bei dem sich Druckstempel 3 und Gegenhalter 4 den Bauelementoberflächen auf einen vorgebbaren Wert genähert haben oder die Bauelemente 1 und 2 in berührenden Kontakt kommen. Ein Abschalten der Heizeinrichtung 6 kann nach Erkennung eines zurück gelegten Weges von Druckstempel 3 und/oder Gegenhalter 4 oder bei Unterschreitung einer vorgebbaren Druckkraft, die zwischen Druckstempel 3 und Gegenhalter 4 wirkt, erfolgen, was mit einem Kraftmesssensor bestimmt werden kann.

Als Heizeinrichtung 6 kann an Druckstempel 3 und/oder Gegenhalter 4 eine elektrische Widerstandsheizung mit mehreren elektrischen Widerstandsheizelementen gebildet sein, wie sie in mehreren unterschiedlichen Beispielen dafür in Figur 2 gezeigt sind. Bei diesem Beispiel einer Heizeinrichtung 6 sind  
5 mehrere elektrische Widerstandsheizelemente als geschlossene Rechteckkonturen mit unterschiedlichen Größen vorhanden. Zusätzlich können kreisringförmige elektrische Widerstandsheizelemente vorhanden sein, die variierende Durchmesser aufweisen. Elektrische Widerstandsheizelemente können aber auch ellipsenförmig, linienförmig ggf. mit wechselnder Richtung, mäanderförmig oder wellenförmig ausgebildet sein.  
10

Nebeneinander angeordnete elektrische Widerstandsheizelemente können auch elektrisch leitend miteinander verbunden sein. Jedes der elektrischen Widerstandsheizelemente ist einzeln ansteuerbar und kann temperaturabhängig geregelt werden. Dazu können Temperatursensoren (z.B. Thermoelemente) in die Heizeinrichtung 6 integriert sein, um eine orts aufgelöste Temperaturbestimmung im Fügebereich zu ermöglichen. Mit den elektrischen Widerstandsheizelementen kann eine Heizrate von mehr als 1000 K/s erreicht werden.  
15

Die elektrischen Widerstandsheizelemente sind mit einer dünnen keramischen elektrisch nicht leitenden Schicht, wie im allgemeinen Teil der Beschreibung erläutert, überdeckt.  
20

Ist ein Druckstempel 3 oder ein Gegenhalter 4 nicht mit einer Heizeinrichtung 6 versehen oder, wie nachfolgend noch erläutert mit einer Heizeinrichtung 6 mit mindestens einem Induktor versehen, sollte dessen Oberfläche ebenfalls mit einer Antihafbeschichtung versehen sein, die ein Anhaften von Polymer vermeiden kann.  
25

Eine Heizeinrichtung 6 kann aber auch mit mindestens einem Induktor gebildet sein, der an einem Druckstempel 3 und/oder einem Gegenhalter 4 angebracht sein kann. Mindestens ein Induktor kann auch in einem Druckstempel 3 und/oder einem Gegenhalter 4 integriert sein. Der/die Induktor(en) sollte(n) so dimensioniert und ausgebildet sein, dass eine gleichmäßige Temperatur innerhalb des Fügebereichs eingehalten werden kann. Mehrere Induktoren  
30  
35

können dazu einzeln geregelt betrieben oder einzeln ein- und ausgeschaltet werden. So können im Inneren des Fügebereichs wirkende Induktoren vor im Außenbereich des Fügebereichs wirkenden Induktoren ein- oder ausgeschaltet werden, um die Trägheit der Wärmeleitung zu berücksichtigen.

5

Wird eine Temperaturerhöhung innerhalb des Fügebereichs mit mindestens einem Laserstrahl an einem Druckstempel 3 und/oder einem Gegenhalter 4 erreicht, soll der Laserstrahl im Fügebereich durch ein für die Laserstrahlung transparentes Element 8, das Bestandteil des Druckstempels 3 und/oder des Gegenhalters 4 ist, auf das/die metallische Bauelement(e) 1 innerhalb des Fügebereiches gerichtet werden. Ein für die Laserstrahlung transparentes Element 8 kann aus einem Glas mit geringer Absorption für die Laserstrahlung gebildet sein.

10

15

Der Brennfleck des Laserstrahls kann so über den Fügebereich bewegt werden, dass innerhalb des Fügebereichs eine konstante Temperatur eingehalten werden kann. Die Vorschubbewegung kann dabei so erfolgen, dass entsprechende Abstände zwischen den einzelnen Spuren eingehalten werden. Der Brennfleck sollte möglichst innerhalb des Fügebereichs in einem Abstand zu dessen äußeren Rändern bewegt werden.

20

Es kann auch ein gepulster Betrieb des Laserstrahls ausgenutzt werden.

25

Die Vorschubgeschwindigkeit mit der der Brennfleck bewegt wird, kann im Zentrum des Fügebereichs genauso größer sein als seine Fläche, wie sie in äußeren Randbereichen des Fügebereichs gewählt werden sollte. Im äußeren Randbereich des Fügebereichs kann also mit kleinerer Vorschubgeschwindigkeit und/oder mit größerem Brennfleck gearbeitet werden.

30

Selbstverständlich kann die Leistung der Laserstrahlungsquelle ebenfalls geregelt werden.

35

Die vorab genannten Laserbearbeitungsparameter können jeweils einzeln aber auch zwei oder mehr dieser Parameter gemeinsam geregelt werden. Die Regelung kann mit einer orts aufgelösten Temperaturmessung innerhalb des Fügebereichs an der Oberfläche eines metallischen Bauelements 1, bevorzugt

mit einem Pyrometer oder thermografischer Temperaturbestimmung erfolgen. Im äußeren Randbereich kann auch die nutzbare Pulslänge eines gepulst betriebenen Laserstrahls als im Zentrum des Fügebereichs gearbeitet werden.

5 Der Brennfleck des Laserstrahls kann mit einer Vorschubgeschwindigkeit im Bereich von 0,02 m/s bis 30 m/s bewegt, mit einer Leistung im Bereich 100 W bis 5000 W, mit einer Pulslänge im Bereich 1 ms bis kontinuierlich strahlend und Pulsabständen im Bereich von 0 bis 10 ms betrieben, werden. Der Laserstrahl kann so fokussiert auf die Oberfläche eines metallischen Bauelements 1  
10 gerichtet werden, dass eine Brennfleckfläche im Bereich von 1 mm<sup>2</sup> bis 200 mm<sup>2</sup> und eine Intensität im Bereich von 5\*10<sup>2</sup> W/cm<sup>2</sup> bis 5\*10<sup>6</sup> W/cm<sup>2</sup> erreicht ist.

15 Werden mehrere Laserstrahlen von mehreren Laserstrahlquellen auf die Oberfläche eines Bauelements 1 innerhalb des Fügebereichs gerichtet, kann jeder einzelne Laserstrahl entsprechend geregelt oder gesteuert betrieben werden. Es kann in diesem Fall auf eine Beeinflussung der Vorschubgeschwindigkeit verzichtet werden und dies durch ein entsprechendes Ein- und Ausschalten bzw. ein Betrieb mit sich verändernder Leistung der einzelnen Laserstrahlquellen kompensiert werden, indem lokal sich verändernd differenziert  
20 innerhalb des Fügebereichs erwärmt wird.

Bei allen drei möglichen Alternativen zur Erwärmung kann das Zusammenpressen der Bauelemente 1 und 2 mit einer maximalen Fügedruck im Bereich  
25 von 0,1 MPa bis 20 MPa erfolgen, wobei sich die jeweilige maximale Druckkraft nach der Erweichungs- bzw. Übergangstemperatur T<sub>G</sub> des eingesetzten thermoplastischen Polymers und/oder dessen Fließverhalten richten sollte.

30 In Figur 4 ist schematisch ein möglicher Ablauf bei der Durchführung des Verfahrens dargestellt. Dabei werden in einem ersten Schritt Druckstempel 3 und Gegenhalter 4 aufeinander zu bewegt.

35 Dann wird die Heizeinrichtung 6 aktiviert um mindestens ein Bauelement 1 und/oder 2 zu erwärmen. Spätestens bei der Berührung des Druckstempels 3 und/oder Gegenhalters 4 mit einem der Bauelemente 1 und/oder 2 kann die Temperatur T und/oder die Druckkraft p an dem/den Bauelementen 1

5 und/oder 2 bestimmt werden. Wird das Erreichen mindestens eines vorgebbaren Schwellwerts für die Temperatur  $T$  und/oder die Druckkraft  $p$  erfasst, wird die Heizeinrichtung 6 ausgeschaltet und es erfolgt eine Kühlung bis auf eine Temperatur bei der das Polymer erstarrt ist. Nach dem Erkennen dieser Temperatur können Druckstempel 3 und Gegenhalter 4 voneinander weg bewegt und das gefügte Werkstück oder einzelne getrennte Teile davon können entnommen werden.

10 Bei einem Trennen können die einzelnen Teile von Klemm- oder Fixierelementen, die am Druckstempel 3 und Gegenhalter 4 vorhanden sind, gelöst werden.

## Patentansprüche

5

1. Vorrichtung zur Herstellung einer stoffschlüssigen oder stoff- und formschlüssigen oder zum Trennen einer solchen Verbindung mindestens eines metallischen oder keramischen Bauelements (1) und einem aus oder mit einem thermoplastischen Polymer gebildeten Bauelements (2), bei der die miteinander zu fügenden Bauelemente (1 und 2) mit einer einen Gegenhalter (4) und ein Druckstempel (3) aufweisenden Presseinrichtung zusammenpressbar sind und am Druckstempel (3) und/oder dem Gegenhalter (4) eine Heizeinrichtung (6) vorhanden ist oder dort wirkt, mit der eine Erwärmung des mindestens einen metallischen oder keramischen Bauelements (1) bis oberhalb der Erweichungstemperatur des aus oder mit Polymer gebildeten Bauelements (2) erreichbar ist; wobei

10

15

die Heizeinrichtung (6) mit mindestens einem elektrischen Widerstandsheizelement, das von einer elektrisch isolierenden, bevorzugt keramischen Schutzschicht überdeckt ist, und/oder

20

mit mindestens einem Laserstrahl, der auf das/die metallische Bauelement(e) (1) innerhalb des Fügebereiches gerichtet ist, und/oder

25

mit mindestens einem am Druckstempel (3) und/oder dem Gegenhalter (4) vorhandenen Induktor zur induktiven Erwärmung des/der metallischen Bauelemente(s) (1, 2) gebildet ist.

30

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Heizeinrichtung (6) eine lokal definierte Erwärmung des/der metallischen oder keramischen Bauelemente(s) (1) im Fügebereich dadurch erreichbar ist; indem mehrere elektrische Widerstandsheizelemente jeweils einzeln

- ansteuerbar und dabei in Form von punkt-, linien-, rechteck- und/oder kreisringsegmentförmigen elektrischen Widerstandsheizelementen ausgebildet sind, mit denen jeweils bevorzugt eine Heizrate größer 500 K/s und
- 5 innerhalb des Fügebereichs ein zumindest nahezu homogenes Temperaturfeld erreichbar ist, und/oder
- der mindestens eine Laserstrahl bevorzugt in Abhängigkeit einer mit einer orts aufgelöst erfassenden Temperaturmesseinrichtung so auslenkbar und/oder betreibbar ist, dass im Fügebereich ein zumindest
- 10 nahezu homogenes Temperaturfeld erreichbar ist, und/oder der mindestens eine Induktor so gestaltet, in Bezug zum metallischen Bauelement (1) bewegbar oder regelbar betreibbar ist, so dass im Fügebereich ein zumindest nahezu homogenes Temperaturfeld
- 15 erreichbar ist.
3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Trennen der stoffschlüssigen oder stoff- und formschlüssigen Verbindung am Druckstempel (3) und Gegenhalter (4) Fixier- oder Klemmelemente, die an metallischen oder keramischen
- 20 Bauelementen (1) angreifen, vorhanden sind, mit denen bei einer Auseinanderbewegung des Druckstempels (3) und des Gegenhalters (4) Zugkräfte auf die metallischen oder keramischen Bauelemente (1) wirken.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem metallischen oder keramischen Bauelement (1) innerhalb des Fügebereichs mindestens eine Durchbrechung und/oder eine Vertiefung in die erweichtes oder geschmolzenes Polymer gelangt oder eine Erhebung, die in das erweichte oder geschmolzene Polymer eindringt, vorhanden ist, die für eine formschlüssige
- 25 Verbindung nutzbar ist/sind.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Laserstrahl in Abhängigkeit der orts aufgelöst innerhalb des Fügebereichs an dem/den metallischen
- 30

- 5 Bauelement(en) (1) gemessenen oder bekannten Temperaturen in seiner Vorschubbewegungsrichtung, der Vorschubgeschwindigkeit des Brennflecks des Laserstrahls, der Größe der Fläche des Brennflecks, seiner Leistung und/oder der Pulsrate und Pulslänge bei einem gepulsten Betrieb des Laserstrahls regelbar betreibbar ist, so dass ein zumindest nahezu konstantes Temperaturfeld des jeweiligen bestrahlten metallischen Bauelements (1) im Fügebereich eingehalten und die Temperatur oberhalb der Erweichungstemperatur und unterhalb der Zersetzungstemperatur des Polymers gehalten ist.
- 10 6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Sensor, der bevorzugt zur ortsaufgelösten Bestimmung von Temperaturen innerhalb des Fügebereichs ausgebildet ist, vorhanden ist.
- 15 7. Verfahren zur Herstellung oder dem Trennen einer stoffschlüssigen oder stoff- und formschlüssigen Verbindung mindestens eines metallischen oder keramischen Bauelements (1) und einem aus oder mit einem thermoplastischen Polymer gebildeten Bauelements (2), werden die Bauelemente (1 und 2) mit einer einen Gegenhalter (4) und ein Druckstempel (3) aufweisenden Presseinrichtung zusammen gepresst, dabei erfolgt zumindest während des Zusammenpressens eine Erwärmung des Polymers mit mindestens einer am Druckstempel (3) und/oder dem Gegenhalter (4) vorhandenen Heizeinrichtung (6), des mindestens einen metallischen oder keramischen Bauelements (1) dabei bis oberhalb der Erweichungstemperatur und unterhalb der Zersetzungstemperatur des aus oder mit Polymer gebildeten Bauelements (2) innerhalb eines Fügebereichs, wobei
- 20 die mit mindestens einem elektrischen Widerstandsheizelement, das/die von einer keramischen Schutzschicht überdeckt ist/sind, ausgebildete Heizeinrichtung (6) gesteuert oder geregelt betrieben wird, wenn einmal das Erwärmungsverhalten bekannt und bevorzugt vorab ermittelt worden ist oder bei der Erwärmung eine ortsaufgelöste Erfassung der Temperatur innerhalb des Fügebereichs durchgeführt wird und/oder
- 25
- 30

- in einer weiteren Alternative, bei der die Erwärmung innerhalb des Fügebereichs mit mindestens einem Laserstrahl, der auf das/die metallische(n) oder keramische(n) Bauelement(e) (1) durch eine Beeinflussung der Auslenkbewegung des Laserstrahls, seiner Strahlformung und/oder der Energie die lokal definiert innerhalb des Fügebereiches in den Werkstoff des metallischen Bauelements einkoppelbar ist, in geregelter oder gesteuerter Form durchgeführt wird und/oder
- 5
- bei einer dritten Alternative mit mindestens einem am Druckstempel (3) und/oder dem Gegenhalter (4) vorhanden Induktor, der zur induktiven Erwärmung des/der metallischen Bauelemente(s) (1) ausgebildet ist, die erforderliche Erwärmung durchgeführt wird und dabei eine Regelung oder Steuerung vorgenommen wird, mit der eine lokal definierte Erwärmung innerhalb des Fügebereichs erreicht wird,
- 10
- und
- 15
- zur Herstellung einer stoffschlüssigen oder stoff- und formschlüssigen Verbindung eine plastische Verformung des thermoplastischen Polymers erfolgt
- oder
- 20
- zum Trennen einer stoffschlüssigen oder stoff- und formschlüssigen Verbindung nach dem Erreichen einer Temperatur des thermoplastischen Polymers, die oberhalb der Erweichungstemperatur liegt, Zugkräfte an metallischen oder keramischen Bauelementen (1) wirken, die mittels einer Bewegung des Druckstempels (3) und des Gegenhalters
- 25
- (4) ausgeübt werden.
8. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass im Anschluss an die plastische Verformung des polymeren Werkstoffs eine Abkühlung durch Zufuhr eines Kühlmediums oder mit einem Kühlelement durchgeführt wird.
- 30
9. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels eines Kraft- und/oder Wegsensors eine Beeinflussung der Heizeinrichtung (6) und/oder Bewegung des

Druckstempels (3) und/oder Gegenhalters (4) beim Zusammenpressen der Bauelemente (1 und 2) durchgeführt wird.

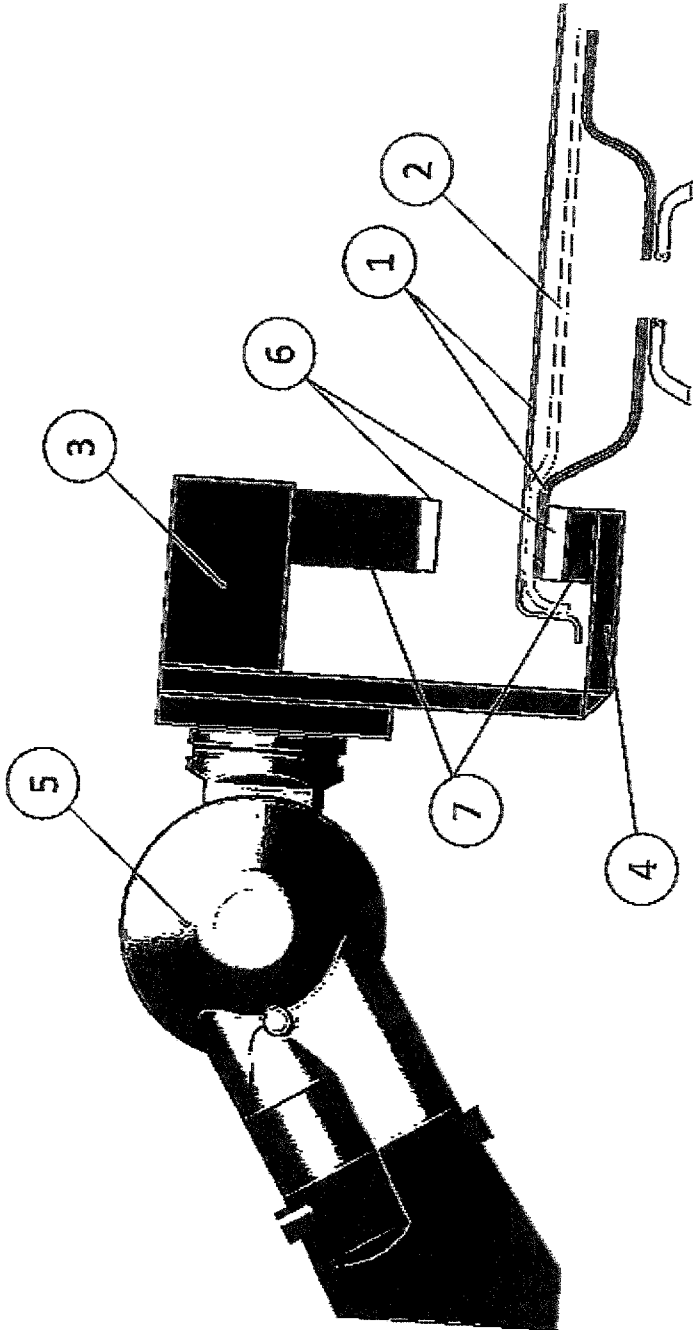
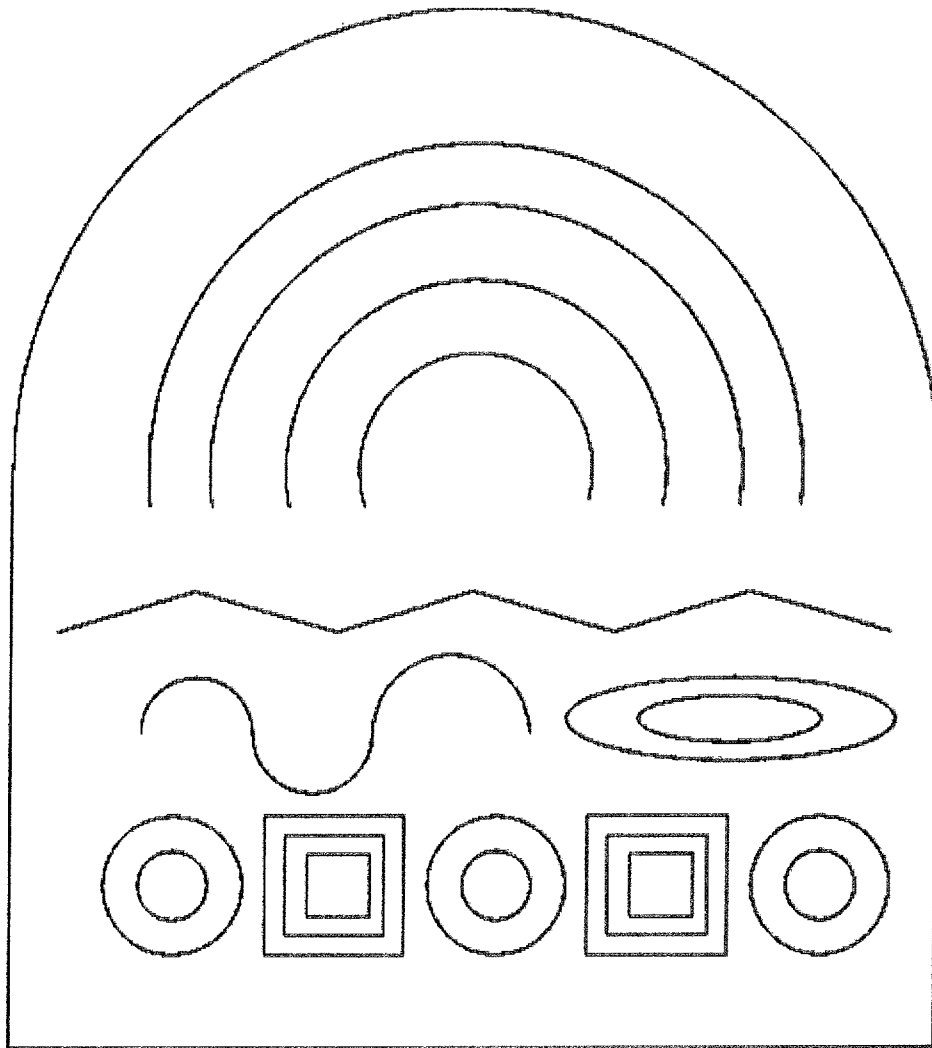
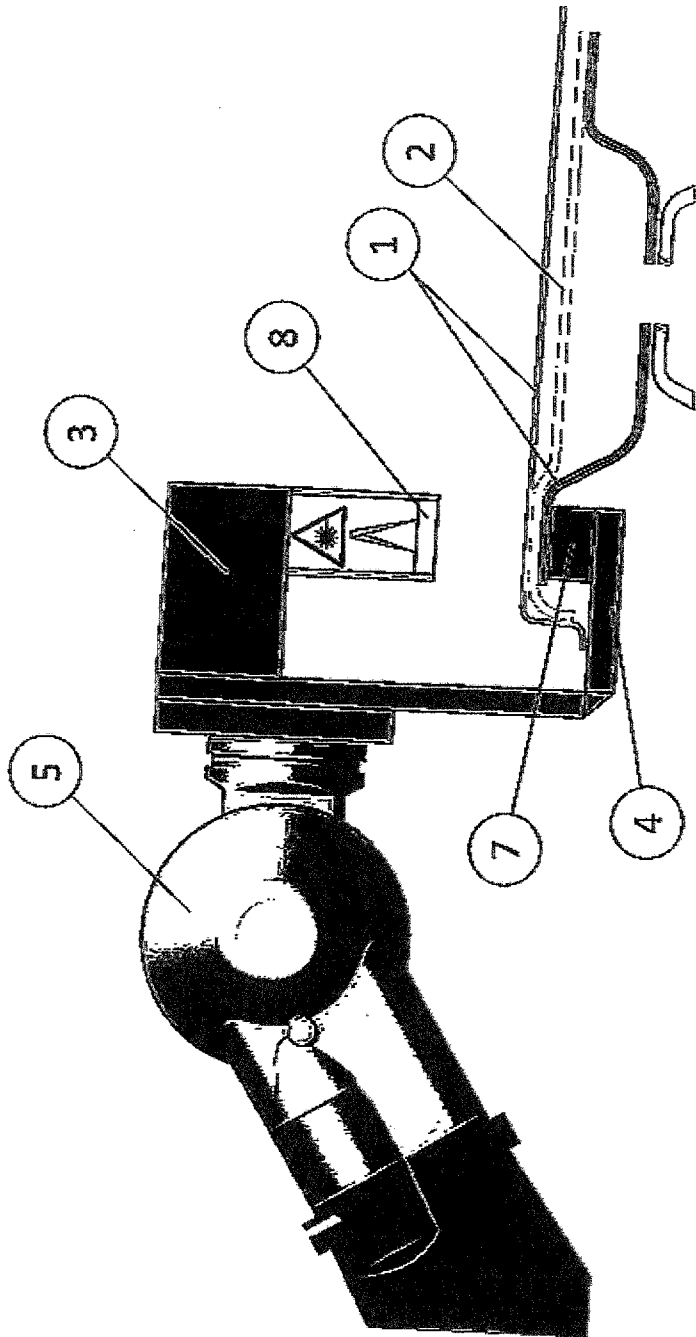


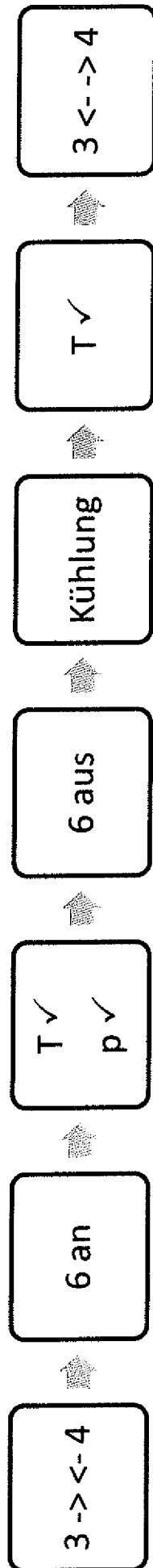
Fig. 1



*Fig. 2*



*Fig. 3*



*Fig. 4*

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2017/055934

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. B29C65/44 B29C65/46 B29C65/76  
 ADD. B29C65/16 B29C65/18 B29K101/12 B29K705/00 B29K709/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**  
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 B29C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
 EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2009/063515 A1 (CEDAL EQUIPMENT SRL [IT]; CERASO BRUNO [IT]) 22 May 2009 (2009-05-22) figures 2,3	1-4,6
X	US 5 198 053 A (DUNCAN EUGENE A [US]) 30 March 1993 (1993-03-30) figures 1,3	1,2,6,7,9
X	WO 2015/040466 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 26 March 2015 (2015-03-26) figure 1	1,6-9
X	EP 1 036 644 A1 (EMERSON ELECTRIC CO [US]) 20 September 2000 (2000-09-20) figures 5-7	1,2
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search <b>6 June 2017</b>	Date of mailing of the international search report <b>13/06/2017</b>
---	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <b>Carré, Jérôme</b>
--	--

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/055934

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 724 840 A1 (ROPEX IND ELEKTRONIK GMBH [DE]) 30 April 2014 (2014-04-30) paragraphs [0026], [0027], [0028]; figures 1,2 -----	1,2,5,6
A	WO 2014/123022 A1 (HITACHI LTD [JP]) 14 August 2014 (2014-08-14) abstract; figure 12 -----	1,5,7
A	US 2011/290774 A1 (DENANTE MARC [FR]) 1 December 2011 (2011-12-01) figures -----	3
A	GB 1 427 062 A (YARDLEY PRODUCTS OCPRORATION) 3 March 1976 (1976-03-03) claim 1; figures -----	3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2017/055934
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
WO 2009063515	A1	22-05-2009	TW 200922431 A WO 2009063515 A1	16-05-2009 22-05-2009
-----				
US 5198053	A	30-03-1993	NONE	
-----				
WO 2015040466	A1	26-03-2015	CN 105555506 A DE 112014004276 T5 JP 5928424 B2 JP 2015058611 A US 2016229116 A1 WO 2015040466 A1	04-05-2016 25-05-2016 01-06-2016 30-03-2015 11-08-2016 26-03-2015
-----				
EP 1036644	A1	20-09-2000	CA 2300781 A1 EP 1036644 A1 JP 2000309056 A	16-09-2000 20-09-2000 07-11-2000
-----				
EP 2724840	A1	30-04-2014	NONE	
-----				
WO 2014123022	A1	14-08-2014	CN 104968483 A JP 5941563 B2 JP WO2014123022 A1 WO 2014123022 A1	07-10-2015 29-06-2016 02-02-2017 14-08-2014
-----				
US 2011290774	A1	01-12-2011	FR 2960464 A1 US 2011290774 A1	02-12-2011 01-12-2011
-----				
GB 1427062	A	03-03-1976	NONE	
-----				

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B29C65/44	B29C65/46 B29C65/76
ADD.	B29C65/16	B29C65/18 B29K101/12 B29K705/00 B29K709/02
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTER GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) B29C		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2009/063515 A1 (CEDAL EQUIPMENT SRL [IT]; CERASO BRUNO [IT]) 22. Mai 2009 (2009-05-22) Abbildungen 2,3 -----	1-4,6
X	US 5 198 053 A (DUNCAN EUGENE A [US]) 30. März 1993 (1993-03-30) Abbildungen 1,3 -----	1,2,6,7, 9
X	WO 2015/040466 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 26. März 2015 (2015-03-26) Abbildung 1 -----	1,6-9
X	EP 1 036 644 A1 (EMERSON ELECTRIC CO [US]) 20. September 2000 (2000-09-20) Abbildungen 5-7 -----	1,2
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
6. Juni 2017		13/06/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Carré, Jérôme

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 724 840 A1 (ROPEX IND ELEKTRONIK GMBH [DE]) 30. April 2014 (2014-04-30) Absätze [0026], [0027], [0028]; Abbildungen 1,2 -----	1,2,5,6
A	WO 2014/123022 A1 (HITACHI LTD [JP]) 14. August 2014 (2014-08-14) Zusammenfassung; Abbildung 12 -----	1,5,7
A	US 2011/290774 A1 (DENANTE MARC [FR]) 1. Dezember 2011 (2011-12-01) Abbildungen -----	3
A	GB 1 427 062 A (YARDLEY PRODUCTS OCPRORATION) 3. März 1976 (1976-03-03) Anspruch 1; Abbildungen -----	3

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/055934

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009063515 A1	22-05-2009	TW 200922431 A WO 2009063515 A1	16-05-2009 22-05-2009
US 5198053 A	30-03-1993	KEINE	
WO 2015040466 A1	26-03-2015	CN 105555506 A DE 112014004276 T5 JP 5928424 B2 JP 2015058611 A US 2016229116 A1 WO 2015040466 A1	04-05-2016 25-05-2016 01-06-2016 30-03-2015 11-08-2016 26-03-2015
EP 1036644 A1	20-09-2000	CA 2300781 A1 EP 1036644 A1 JP 2000309056 A	16-09-2000 20-09-2000 07-11-2000
EP 2724840 A1	30-04-2014	KEINE	
WO 2014123022 A1	14-08-2014	CN 104968483 A JP 5941563 B2 JP WO2014123022 A1 WO 2014123022 A1	07-10-2015 29-06-2016 02-02-2017 14-08-2014
US 2011290774 A1	01-12-2011	FR 2960464 A1 US 2011290774 A1	02-12-2011 01-12-2011
GB 1427062 A	03-03-1976	KEINE	