

(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  
12. Oktober 2017 (12.10.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/174185 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

C22C 21/02 (2006.01) C22C 21/12 (2006.01)  
C22C 21/04 (2006.01) C22C 21/16 (2006.01)  
C22C 21/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/000411

(22) Internationales Anmeldedatum:  
4. April 2017 (04.04.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2016 004 216.8 7. April 2016 (07.04.2016) DE

(71) Anmelder: DAIMLER AG [DE/DE]; Mercedesstraße  
137, 70327 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: STÜRZEL, Thomas; Konrad-Adenauer-Str. 1/1  
(DE). WEISSKOPF, Karl; Anemonenweg 4, 73635  
Rudersberg (DE). IZQUIERDO, Patrick; Cartesiusstr.  
79/1, 89075 Ulm (DE).

(74) Anwalt: DAIMLER AG; Intellectual Property, Trends &  
Innovation, RD/RI - H512, 70546 Stuttgart (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, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ALUMINUM ALLOY, IN PARTICULAR FOR A CASTING METHOD, AND METHOD FOR PRODUCING A COMPONENT FROM SUCH AN ALUMINUM ALLOY

(54) Bezeichnung : ALUMINIUMLEGIERUNG, INSBESONDERE FÜR EIN GIESSVERFAHREN, SOWIE VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES BAUTEILS AUS EINER SOLCHEN ALUMINIUMLEGIERUNG

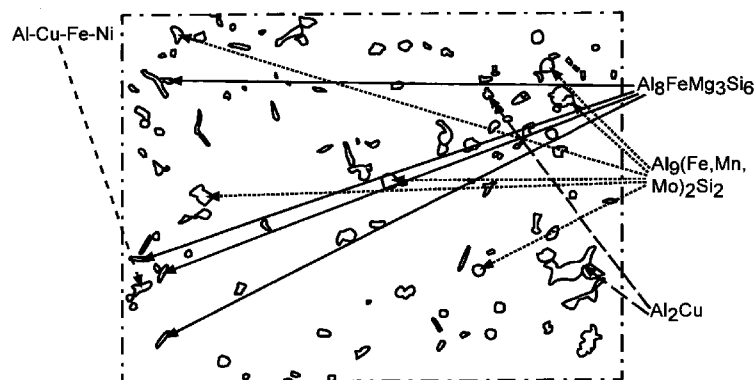


Fig.1

(57) Abstract: The invention relates to an aluminum alloy, in particular for a casting method, wherein the aluminum alloy comprises at least aluminum, magnesium, manganese and copper, the aluminum alloy comprising: - 0.001 to 0.50 wt.% of molybdenum, - 0.05 to 0.45 wt.% of magnesium, - 0.05 to 0.60 wt.% of manganese, - up to 1.5 wt.% of iron, - 0.25 to 4.00 wt.% of copper and - 0.001 to 0.25 wt.% of vanadium.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlegierung, insbesondere für ein Gießverfahren, wobei die Aluminiumlegierung zumindest Aluminium, Magnesium, Mangan und Kupfer aufweist, wobei die Aluminiumlegierung aufweist: - 0,001 Gew.% bis 0,50 Gew.% Molybdän, - 0,05 Gew.% bis 0,45 Gew.% Magnesium, - 0,05 Gew.% bis 0,60 Gew.% Mangan, - bis 1,5 Gew.% Eisen, - 0,25 Gew.% bis 4,00 Gew.% Kupfer und - 0,001 Gew.% bis 0,25 Gew.% Vanadium.



WO 2017/174185 A1

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Aluminiumlegierung, insbesondere für ein Gießverfahren, sowie Verfahren zum Herstellen eines Bauteils aus einer solchen Aluminiumlegierung

Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlegierung, insbesondere für ein Gießverfahren, gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 sowie ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils aus einer solchen Aluminiumlegierung.

Eine solche Aluminiumlegierung, insbesondere für ein Gießverfahren, ist beispielsweise bereits der DE 10 2011 115 345 A1 als bekannt zu entnehmen. Dabei weist die Aluminiumlegierung zumindest Aluminium (Al), Magnesium (Mg), Mangan (Mn) und Kupfer (Cu) auf.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Aluminiumlegierung und ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, sodass besonders vorteilhafte, insbesondere mechanische, Eigenschaften des Bauteils realisiert werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Aluminiumlegierung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 5 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den übrigen Ansprüchen angegeben.

Um eine Aluminiumlegierung, insbesondere für ein Gießverfahren, der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art derart weiterzuentwickeln, dass besonders vorteilhafte, insbesondere mechanische, Eigenschaften eines aus der Aluminiumlegierung hergestellten Bauteils realisiert werden können, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Aluminiumlegierung zwischen 0,001 Gewichtsprozent (Gew.%) und 0,50 Gewichtsprozent (Gew.%) Molybdän aufweist. Ferner weist die Aluminiumlegierung Magnesium in einem Bereich von 0,05 Gew.% bis 0,45 Gew.%, Mangan in einem Bereich von 0,05 Gew.% bis 0,60 Gew.%, Eisen bis zu 1,5

Gew.% sowie Kupfer in einem Bereich von einschließlich 0,25 Gew.% bis einschließlich 4,00 Gew.% und Vanadium in einem Bereich von 0,001 Gew.% bis 0,25 Gew.% auf. Vorzugsweise weist die Aluminiumlegierung mindestens 0,10 Gew.% und weniger als 0,40 Gew.% Mangan auf.

Es wurde gefunden, dass durch Anpassen der Magnesium-Konzentration, insbesondere auf weniger als 0,30 Gew.%, der Anteil spröder  $\pi$ -Al<sub>8</sub>FeMg<sub>3</sub>Si<sub>6</sub>-Phasen soweit herabgesetzt werden kann, dass diese Phasen kaum mehr vorhanden sind und damit abträglich für die Duktilität der Aluminiumlegierung beziehungsweise eines aus der Aluminiumlegierung hergestellten Bauteils wirken können. Die Senkung des Mangan-Gehalts auf weniger als 0,40 Gew.% ist insofern vorteilhaft, als dadurch die Erstarrungstemperatur der Eisen-/Mangan-haltigen intermetallischen Phasen Al<sub>15</sub>(Fe,Mn)<sub>3</sub>Si<sub>2</sub> abgesenkt werden kann, sodass diese nicht in zu grob-blockiger Morphologie auftreten können.

Als ferner besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn die Aluminiumlegierung Molybdän (Mo) in einem Bereich von einschließlich 0,001 Gew.% bis einschließlich 0,50 Gew.% aufweist, wobei es vorzugsweise vorgesehen ist, dass die Aluminiumlegierung 0,10 Gew.% Molybdän aufweist. Durch die gezielte Zugabe von Molybdän, beispielsweise mit einem Anteil von 0,10 Gew.%, kann zudem eine verrundende Einformung bis hin zu einer polygonalen Morphologie und eine feinere Verteilung der zuvor genannten Eisen-/Mangan-Phasen (Fe/Mn-Phasen) bewirkt werden, was zu einer weiteren Duktilitätssteigerung führt. Insgesamt kann dadurch eine hinreichende Duktilität in Form der Bruchdehnung realisiert werden, was insbesondere dann vorteilhaft ist, wenn das aus der Aluminiumlegierung hergestellte Bauteil in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zum Einsatz kommt. Das Bauteil kann beispielsweise als Kurbelgehäuse einer Verbrennungskraftmaschine ausgebildet sein, welche vorzugsweise als Dieselmotor ausgebildet ist. Alternativ kann das Bauteil auch Teil einer Verbrennungskraftmaschine eines Ottomotors sein. Ein solches, aus der Aluminiumlegierung hergestelltes Bauteil weist aufgrund des Festigkeitsmechanismus der Aluminiumlegierung eine hinreichende Festigkeit, insbesondere Warmfestigkeit, auf. Zudem ist die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung vorteilhaft verwendbar, um aus der Aluminiumlegierung einen Zylinderkopf der beispielsweise als Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine ausgebildeten Verbrennungskraftmaschine herzustellen, sodass eine Einheitslegierung für Kurbelgehäuse und Zylinderkopf denkbar ist. Damit können Kosten, Logistik sowie Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Gießereien sowie im Recycling-Prozess verringert werden. Ferner ist es möglich, beim Warmauslagern der Aluminiumlegierung eine

Festigkeitssteigerung durch Kupfer- und/oder Magnesium-haltige Ausscheidungen in der Aluminiummatrix zu erzielen.

Durch die Verwendung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung zum Herstellen eines Bauteils ist es möglich, dass das Bauteil in dem Wärmebehandlungszustand T5mod eine 0,2%-Dehngrenze  $R_{p0,2}$  von mehr als 180 Megapascal, eine Zugfestigkeit  $R_m$  von mehr als 220 Megapascal und eine Bruchdehnung  $A_5$  von mehr als 1 Prozent bei Raumtemperatur aufweist und im Wärmebehandlungszustand T6red eine 0,2%-Dehngrenze  $R_{p0,2}$  von mehr als 200 Megapascal, eine Zugfestigkeit  $R_m$  von mehr als 230 Megapascal und eine Bruchdehnung  $A_5$  von mehr als 1,5 Prozent bei Raumtemperatur aufweist. Bei einer Prüftemperatur von 150 Grad Celsius konnten im Wärmebehandlungszustand T5mod folgende Werte erreicht werden:  $R_{p0,2} > 170$  Megapascal,  $R_m > 210$  Megapascal und  $A_5 > 1,5$  Prozent.

Bei einer Prüftemperatur von 150 Grad Celsius konnten im Wärmebehandlungszustand T6red folgende Werte erreicht werden:  $R_{p0,2} > 200$  Megapascal,  $R_m > 220$  Megapascal und  $A_5 > 3$  Prozent.

Der Erfindung liegen insbesondere folgende Erkenntnisse zugrunde: Durch den geringen Magnesium-Gehalt beziehungsweise Magnesium-Anteil werden in Legierungen mit einem hohen Fe-Gehalt (Fe – Eisen) spröde intermetallische Phasen unterdrückt, was zu einer Duktilitätssteigerung führt. Kupfer führt zu einem starken Festigkeitsanstieg durch Warmauslagerung sowie zu einer erhöhten Warmfestigkeit der Aluminiumlegierung.

Die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung hat sich besonders vorteilhaft erwiesen zur Herstellung von dickwandigen Bauteilen, welche eine Wanddicke in einem Bereich von einschließlich 4 Millimetern bis einschließlich 30 Millimetern aufweisen. Ferner ist es vorzugsweise vorgesehen, dass es sich bei dem Gießverfahren, in dessen Rahmen das Bauteil aus der Aluminiumlegierung hergestellt wird, um ein Druckgussverfahren oder um laminaren Druckguss oder um ein Sand-/Kokillen-Verfahren handelt. Die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung ist insbesondere eine warmfeste Aluminiumlegierung, insbesondere eine warmfeste Aluminium-Gusslegierung, welches sich besonders vorteilhaft eignet zur Herstellung von Bauteilen für Antriebsstränge.

Zur Erfindung gehört auch ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung. Vorteilhafte und vorteilhafte Ausgestaltungen

der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung sind als Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens anzusehen und umgekehrt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung; diese zeigen in:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Rückstreuелеktronenbilds (BSE-Bild) der Legierung 233 mit Kupfer (Cu) und Molybdän (Mo) im Wärmebehandlungszustand T5mod, wobei beispielsweise ein als Kurbelgehäuse ausgebildetes Bauteil aus der genannten Legierung durch Druckguss hergestellt ist;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung eines BSE-Bild der Legierung 226D (AlSi10Cu3) im Wärmebehandlungszustand T5mod, wobei beispielsweise ein Kurbelgehäuse aus der Legierung hergestellt ist;
- Fig. 3 ein BSE-Bild der Legierung 233 mit Cu und Mo im Wärmebehandlungszustand T6red;
- Fig. 4 ein BSE-Bild der Legierung 226D im Wärmebehandlungszustand T6red;
- Fig. 5 ein Diagramm zum Veranschaulichen von mechanischen Kennwerten des aus der jeweiligen Legierung gebildeten Bauteils bei Raumtemperatur; und
- Fig. 6 ein Diagramm zum Veranschaulichen von mechanischen Kennwerten des aus der jeweiligen Legierung hergestellten Bauteils bei 150 Grad Celsius.

In den Figuren sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 bis 4 zeigen jeweilige Rückstreuелеktronenbilder (BSE-Bilder) von Legierungen, aus denen jeweilige Bauteile hergestellt sind. Bei der jeweiligen Legierung handelt es sich beispielsweise um eine Aluminiumlegierung, insbesondere um eine Aluminium-Gusslegierung und dabei vorzugsweise um eine warmfeste Aluminium-Gusslegierung.

Das jeweilige, aus der jeweiligen Legierung hergestellte Bauteil ist beispielsweise ein Bauteil, welches in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zum Einsatz kommt, wobei das Bauteil beispielsweise ein Kurbelgehäuse, insbesondere ein Druckguss-Kurbelgehäuse, ist. Dies bedeutet, dass das Bauteil aus der jeweiligen Legierung durch Gießen, insbesondere durch Druckguss, hergestellt wird. Insbesondere kann es sich bei dem Bauteil um ein dickwandiges Bauteil handeln, welches eine Wanddicke in einem Bereich von einschließlich 4 Millimeter bis einschließlich 30 Millimeter aufweist. Durch die im Folgenden genauer beschriebene Aluminiumlegierung können besonders vorteilhafte Eigenschaften, insbesondere mechanische Eigenschaften, des Bauteils realisiert werden. Vorzugsweise weist die jeweilige Aluminiumlegierung folgende Zusammensetzung auf:

8,0 Gew.% bis 11,0 Gew.% Silizium,  
0,25 Gew.% bis 4,00 Gew.% Kupfer,  
0,10 Gew.% bis 0,50 Gew.% Magnesium,  
0,05 Gew.% bis 0,60 Gew.% Mangan,  
kleiner oder gleich 0,3 Gew.% Titan,  
kleiner oder gleich 0,3 Gew.% Zirkon,  
kleiner gleich 400 parts per million (ppm) Strontium,  
höchstens 1,5 Gew.% Eisen,  
höchstens 1,5 Gew.% Zink,  
0,001 Gew.% bis 0,25 Gew.% Vanadium,  
zusätzlich weitere Zusätze von 0,01 Gew.% bis 0,50 Gew.% Molybdän,  
höchstens 0,25 Gew.% Chrom,  
höchstens 0,20 Gew.% Nickel,  
höchstens 0,15 Gew.% Cobalt,  
sowie als Rest Aluminium, wobei gegebenenfalls Verunreinigungen beziehungsweise weitere Elemente vorgesehen sein können, welche einen Anteil von weniger als 0,05 Gew.% aufweisen.

Insbesondere ist es vorzugsweise vorgesehen, dass die Aluminiumlegierung Magnesium mit mindestens 0,10 Gew.% und weniger als 0,30 Gew.% aufweist. Alternativ oder zusätzlich ist es vorzugsweise vorgesehen, dass die Aluminiumlegierung Mangan mit mindestens 0,10 Gew.% und weniger als 0,40 Gew.% aufweist. Durch das Absenken der Mangan-Konzentration wird der weit-primären Bildung von Eisen-Mangan-haltigen intermetallischen  $Al_{15}(Fe, Mn)_3Si_2$ -Phasen vor den Aluminium-Mischkristallen entgegengewirkt und damit eine grob-blockige Ausbildung der Morphologie verhindert. Zum Abbinden von Eisen (Fe) wird hingegen zusätzlich Molybdän (Mo) zugegeben, was

zu einer polygonalen Morphologie und feineren Verteilung der Fe-intermetallischen Phasen führt. Hierdurch wird die Bildung nadeliger beziehungsweise plattenförmiger  $\beta$ - $\text{Al}_5\text{FeSi}$ -Phasen unterdrückt, welche bei einem hohen Fe- und geringen Mn-Gehalt (Mn – Mangan) auftreten würden. Der Magnesium-Gehalt wird soweit abgesenkt, dass es zu möglichst keiner Bildung der  $\pi$ - $\text{Al}_8\text{FeMg}_3\text{Si}_6$ -Phase kommt. Diese Phase löst sich bei einer Lösungsglüh-temperatur von 465 Grad Celsius nicht auf und würde aufgrund des erhöhten Fe-Gehalts zusätzlich legiertes Magnesium (Mg) lediglich abbinden und zu skelettförmigen Fe-haltigen intermetallischen Phasen führen, welche abträglich sind für die Duktilität in Form des Abfalls der Bruchdehnung und nicht mehr für eine festigkeitssteigernde Ausscheidungs-bildung zur Verfügung stehen.

Der Kupfer-Gehalt (Cu-Gehalt) dient der gezielten Einstellung der geforderten Festigkeit aufgrund der Bildung von festigkeitssteigernden Ausscheidungen bei Warmauslagerung. Allerdings ist darauf zu achten, dass ein zu hoher Kupfer-Anteil bei T5-Wärmebehandlung zu einer Versprödung führt. Bei einer T6-Wärmebehandlung kann das volle Festigkeitspotential des Kupfers der Legierung ausgeschöpft werden.

Die Zugabe von Titan (Ti) bewirkt eine Kornfeinung der Aluminium-Dendriten. Eine Kombination mit Zirkon (Zr) in angepasster Konzentration kann zu  $\text{Al}_3(\text{Ti}, \text{Zr})$ -Ausscheidungen führen, welche festigkeitssteigernd wirken können. Hier ist darauf zu achten, dass sowohl Titan als auch Zirkone in nicht zu hoher Konzentration zulegiert werden, da es sonst zu einer unerwünschten Bildung von Al-Ti-Zr intermetallischen Phasen kommt, welche die Duktilität herabsetzen. Die Zugabe von Strontium (Sr) bewirkt eine Veredelung der Al/Si-Eutektikum von grob-plattenförmig hin zu einer veredelten, korallenartigen Morphologie, was die Duktilität steigert. Diese feine Si-Morphologie lässt sich durch eine T6-Lösungsglühung leicht und schnell einformen und damit kann die Duktilität nochmals gesteigert werden.

Im Folgenden wird eine Herstellung eines Bauteils aus einer solchen Aluminiumlegierung beschrieben. Bei der Herstellung wird die zuvor genannte Aluminiumlegierung aus Vorlegierungen, reinen Elementen erschmolzen oder durch Auflegieren geeigneter Sekundärlegierungen wie beispielsweise 233 oder 226 bei hinreichend hoher Temperatur hergestellt. Ferner wird die Legierung bei mindestens 650 Grad Celsius bis 720 Grad Celsius in eine temperierte und zwangs- oder vakuumentlüftete temperierte Dauerform abgegossen. Bei zu niedriger Gießtemperatur besteht die Gefahr von unzureichender Formfüllung und Kaltläufen sowie von unerwünschter Bildung von intermetallischen Phasen, zu hohe Gießtemperaturen erhöhen die Gefahr von Porosität, Lunkerung und

Warmrissen. Nach Entnahme des durch Gießen hergestellten Bauteils wird das Bauteil – zur Realisierung des Wärmebehandlungszustands T6red – an Luft oder – zur Realisierung des Warmbehandlungszustand T5mod – mittels Wasser abgekühlt.

Anhand von Fig. 1 bis 4 ist die Besonderheit im Gefüge des aus der Aluminiumlegierung hergestellten Bauteils erkennbar. Fig. 1 zeigt ein Rückstreuelektronenbild der genannten Sekundärlegierung 233 mit Kupfer und Molybdän. Es sind rundliche bis polygonale Molybdän-haltige AlFeMnSi-intermetallische Phasen erkennbar. Diese sind vergleichsweise regelmäßig verteilt zwischen den Al-Dendriten im Al/Si-Eutektikum vorzufinden, da diese zeitgleich mit diesem erstarren. Durch ihre Kleinheit und rundliche Morphologie steigern sie die Duktilität der Sekundärlegierung. Sporadisch ist die  $\pi$ -Phase  $\text{Al}_8\text{FeMg}_3\text{Si}_6$  vorzufinden, welche durch ein Lösungsglühen bei 465 Grad Celsius nicht aufgelöst werden kann (vergleiche Fig. 3). Durch eine Senkung des Mg-Gehalts kann die Bildung dieser spröden Phase unterdrückt und damit die Duktilität weiter gesteigert werden. Mögliche, bei der Erstarrung entstandene Phasen  $\Phi\text{-Al}_2\text{Cu}$  und  $\text{Q-Al}_5\text{Cu}_2\text{Mg}_8\text{Si}_6$  sind durch ein Lösungsglühen bei 450 Grad Celsius bei drei Stunden aufzulösen (vergleiche Fig. 3), sodass die Legierungselemente Mg und Cu, welche in diesen Phasen abgebunden waren, im Al-Mischkristall zur Ausscheidungsbildung zur Verfügung stehen.

Fig. 2 zeigt ein Rückstreuelektronenbild der genannten Sekundärlegierung 226D (AlSi10Cu3). Aufgrund des hohen Fe- und Mn-Gehalts sind grobe, blockige intermetallische  $\text{Al}_{15}(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Cr}, \text{Cu})_3\text{Si}_2$ -Phasen vorhanden, welche sich aufgrund ihrer Größe primär in der Gießkammer der Druckgussmaschine gebildet haben. Diese Anhäufung an Sprödphasen hindert die Duktilität. Zusätzlich sind kleinere, polygonale Fe-haltige intermetallische Phasen vorhanden, welche erst in der eigentlichen Druckgussform entstanden sind. Neben diesen Fe-haltigen intermetallischen Phasen sind aufgrund des hohen Fe-Gehalts auch  $\beta\text{-Al}_5\text{FeSi}$ -Phasen vorhanden, welche im zweidimensionalen Schliff als Nadeln erscheinen und in Realität als dreidimensionale Platten vorliegen und damit als großflächige, scharfkantige Gefügetrennungen zwischen den duktilen Al-Dendriten vorliegen. Diese Phasen senken die Duktilität signifikant. Aufgrund des vergleichsweise hohen Gehalts an Ni-Verunreinigung in dieser Sekundärlegierung bilden sich außerdem  $\text{Al}_7\text{Cu}_2(\text{Fe}, \text{Ni})$ -Phasen, welche durch ein Lösungsglühen bei 465 Grad Celsius nicht aufgelöst werden können und damit weiterhin als Sprödphasen vorliegen und zudem Cu abbinden (vergleiche Fig. 4).

Während der Erstarrung der Legierung gebildetes  $\text{Al}_2\text{Cu}$ , welches nicht in eutektischer Form  $\text{Al-Al}_2\text{Cu-Al}_5\text{Cu}_2\text{Mg}_8\text{Si}_6\text{-Si}$  ausgeprägt ist, kann durch ein Lösungsglühen bei 465

Grad Celsius vollständig aufgelöst werden (vergleiche Fig. 4), sodass durch ein Wasserabschrecken anschließend der Al-Mischkristall an Cu übersättigt vorliegt. Die eutektischen Taschen  $\text{Al-Al}_2\text{Cu-Al}_5\text{Cu}_2\text{Mg}_8\text{Si}_6\text{-Si}$  lassen sich bei 465 Grad Celsius und drei Stunden allerdings nicht vollständig auflösen. Fig. 5 und 6 zeigen Diagramme zur Veranschaulichung von mechanischen Eigenschaften von Bauteilen, welche aus der genannten Aluminiumlegierung hergestellt sind. Dabei veranschaulichen Balken 10 die 0,2%-Dehngrenze  $R_{p0,2}$ , wobei Balken 12 die Streckgrenze  $R_m$  veranschaulichen. Ferner veranschaulichen Dreiecke 14 die Bruchdehnung  $A_5$ .

### Patentansprüche

1. Aluminiumlegierung, insbesondere für ein Gießverfahren, wobei die Aluminiumlegierung zumindest Aluminium, Magnesium, Mangan und Kupfer aufweist,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Aluminiumlegierung aufweist:
  - 0,001 Gew.% bis 0,50 Gew.% Molybdän,
  - 0,05 Gew.% bis 0,45 Gew.% Magnesium,
  - 0,05 Gew.% bis 0,60 Gew.% Mangan,
  - bis 1,5 Gew.% Eisen,
  - 0,25 Gew.% bis 4,00 Gew.% Kupfer und
  - 0,001 Gew.% bis 0,25 Gew.% Vanadium.
  
2. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Aluminiumlegierung mindestens 0,10 Gew.% und weniger als 0,40 Gew.% Mangan aufweist.
  
3. Aluminiumlegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Aluminiumlegierung 8,0 Gew.% bis 11,0 Gew.% Silizium aufweist.
  
4. Aluminiumlegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Aluminiumlegierung aufweist:

- höchstens 0,3 Gew.% Titan,
  - höchstens 0,3 Gew.% Zirkon,
  - höchstens 400 parts per million Strontium,
  - höchstens 1,5 Gew.% Zink,
  - höchstens 0,25 Gew.% Chrom,
  - höchstens 0,20 Gew.% Nickel,
  - höchstens 0,15 Gew.% Cobalt.
5. Verfahren zum Herstellen eines Bauteils aus einer Aluminiumlegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche durch Gießen, drucklos oder druckbeaufschlagt mit einem effektiven Druck zwischen 0 bar und 1000 bar.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Aluminiumlegierung bei einer Temperatur von 650 Grad Celsius bis 730 Grad Celsius in eine Form gegossen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Aluminiumlegierung bei einer Temperatur von 580 Grad Celsius bis 650 Grad Celsius thixotrop, drucklos oder druckbeaufschlagt bei einem effektiven Druck zwischen 0 bar und 1000 bar, vergossen wird.

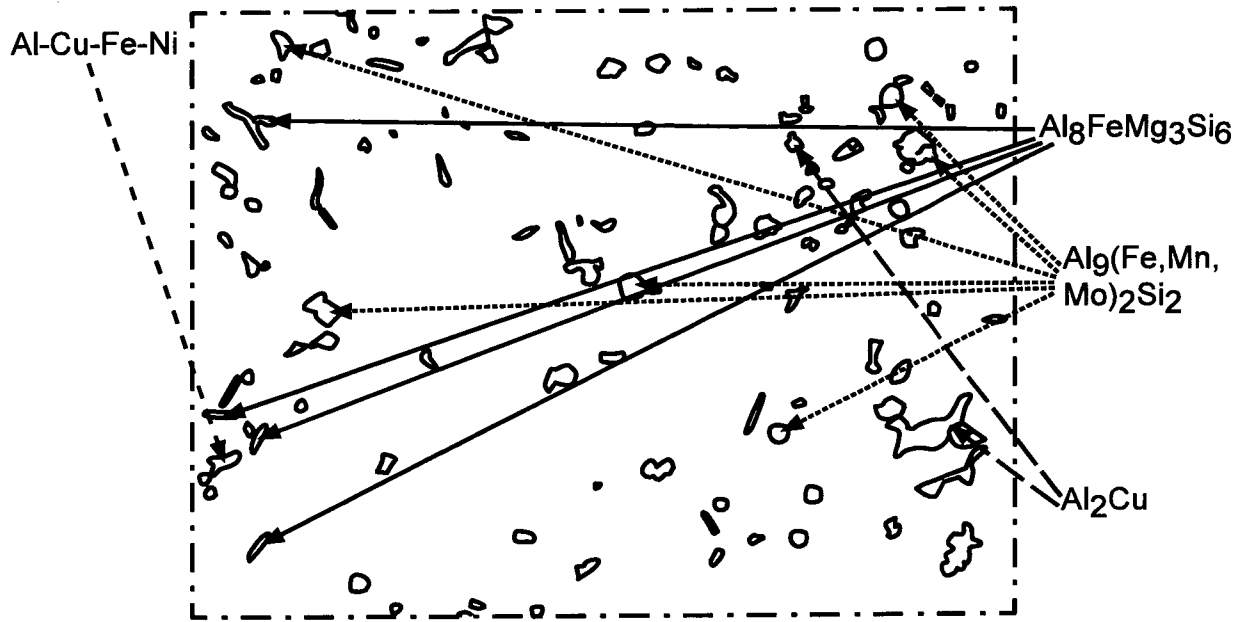


Fig.1

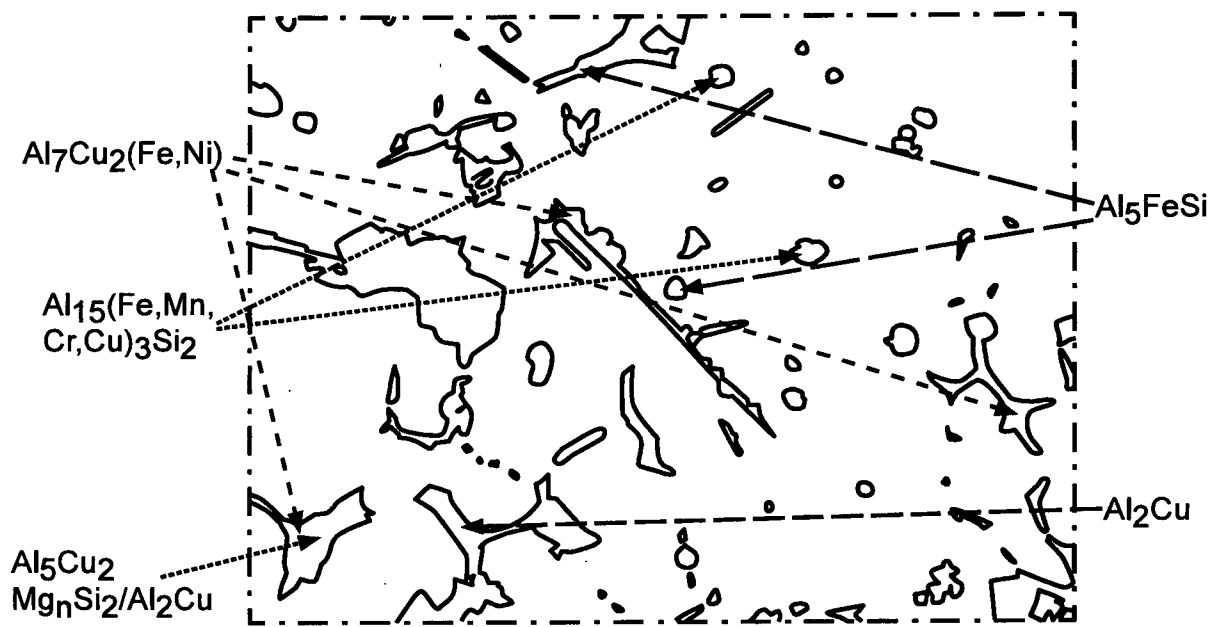


Fig.2

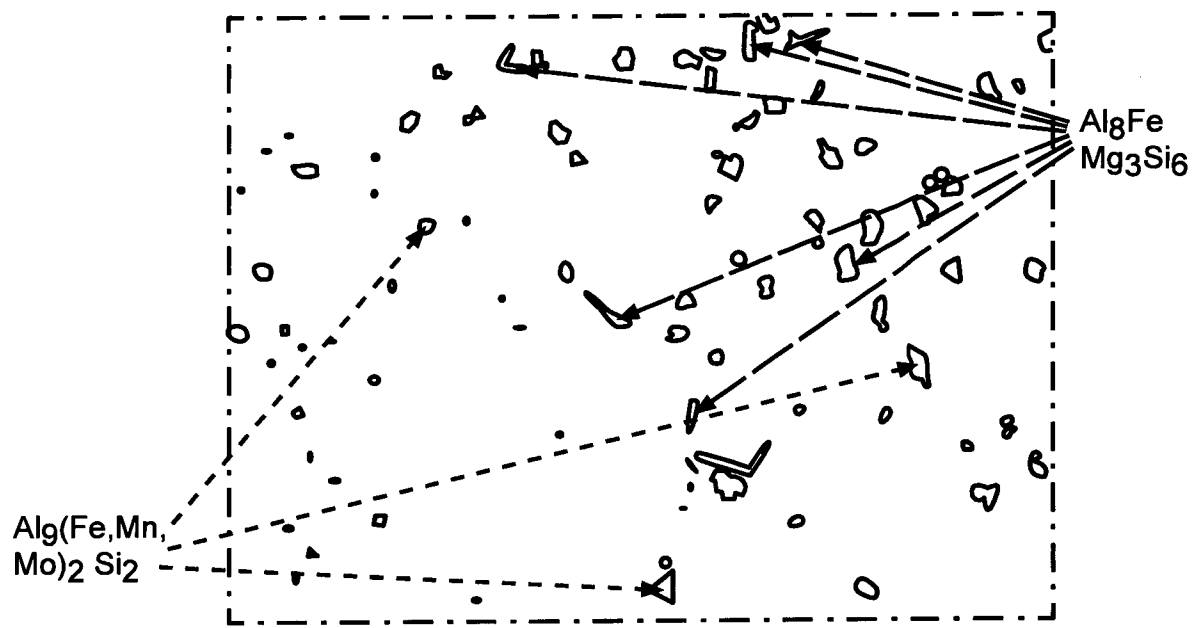


Fig.3

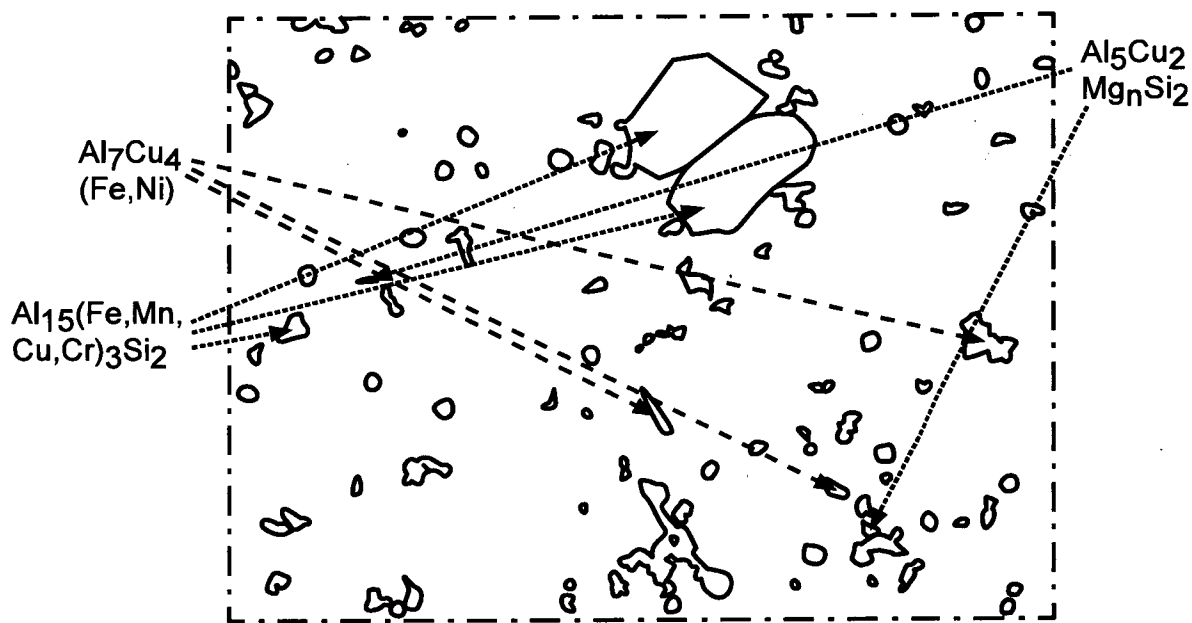


Fig.4

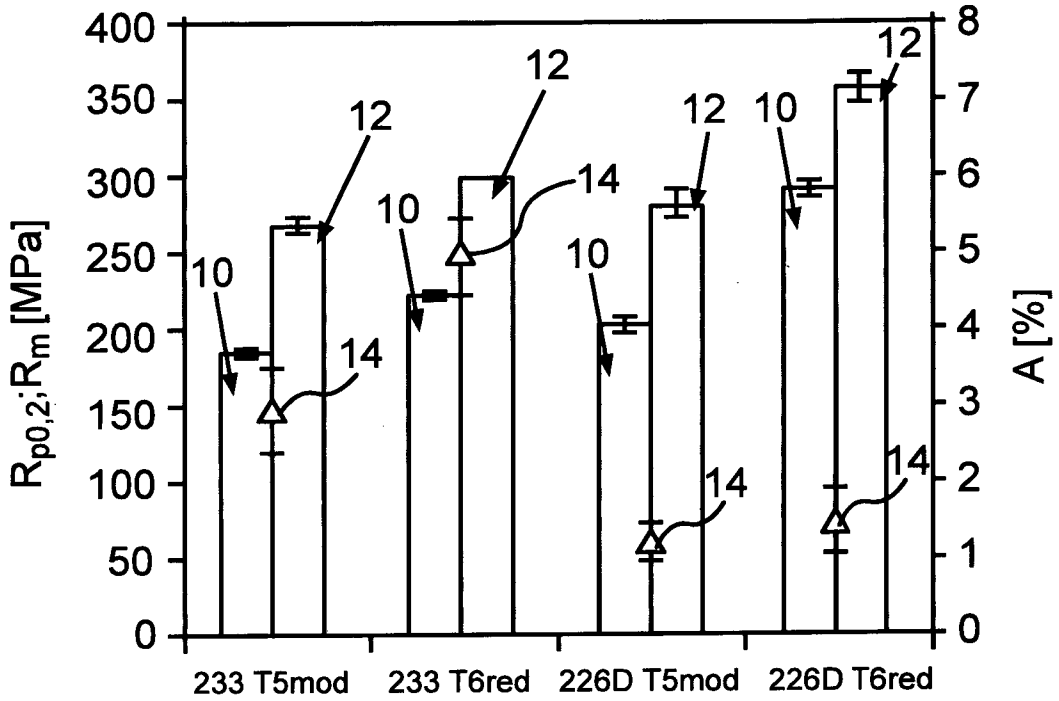


Fig.5

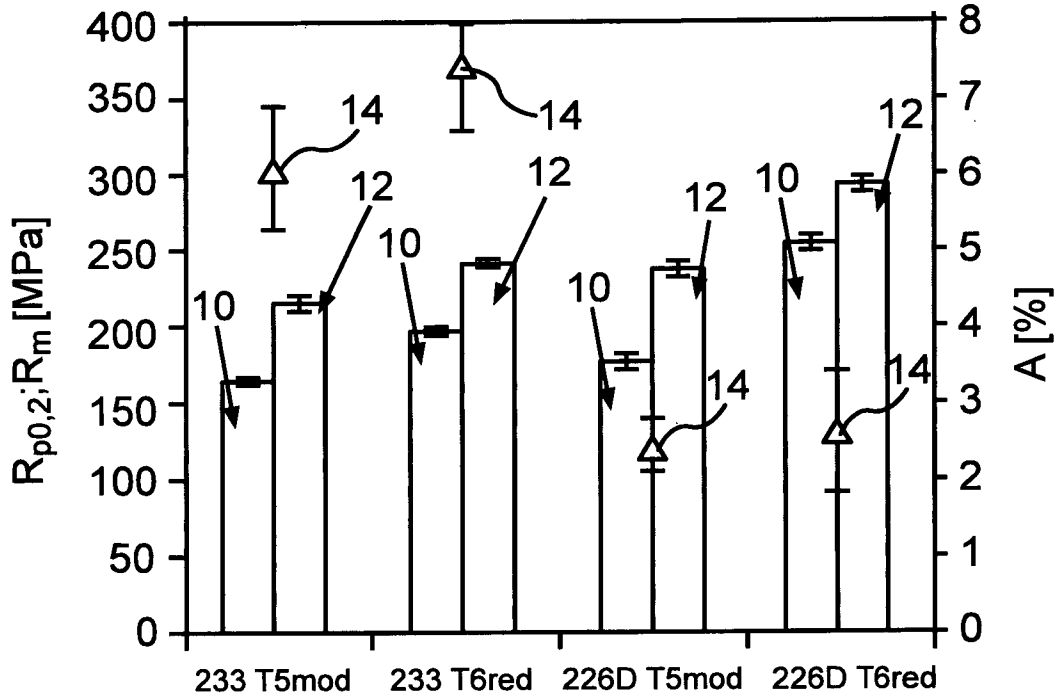


Fig.6

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2017/000411

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. C22C21/02 C22C21/04 C22C21/06 C22C21/12 C22C21/16  
ADD.  
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)  
C22C  
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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 735 621 A1 (GEORG FISCHER DRUCKGUSS GMBH & CO KG [AT]; FISCHER GEORG GMBH & CO KG) 28 May 2014 (2014-05-28)	1,3-7
A	paragraphs [0009], [0013], [0014], [0018], [0021]; table 1	2
X	CN 105 401 005 A (CHONGQING ZONGSHEN POWER MACHINERY CO LTD) 16 March 2016 (2016-03-16)	1-7
X	DE 10 2009 036056 A1 (DAIMLER AG [DE]) 10 February 2011 (2011-02-10)	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "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)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "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
- "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
- "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
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search <b>28 June 2017</b>	Date of mailing of the international search report <b>07/07/2017</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>Brown, Andrew</b>

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/000411

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2735621	A1	28-05-2014	
		CN 103834835 A	04-06-2014
		EP 2735621 A1	28-05-2014
		US 2014140886 A1	22-05-2014
-----			
CN 105401005	A	16-03-2016	NONE
-----			
DE 102009036056	A1	10-02-2011	NONE
-----			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/000411

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. C22C21/02 C22C21/04 C22C21/06 C22C21/12 C22C21/16 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) C22C		
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, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 735 621 A1 (GEORG FISCHER DRUCKGUSS GMBH & CO KG [AT]; FISCHER GEORG GMBH & CO KG) 28. Mai 2014 (2014-05-28)	1,3-7
A	Absätze [0009], [0013], [0014], [0018], [0021]; Tabelle 1	2
X	----- CN 105 401 005 A (CHONGQING ZONGSHEN POWER MACHINERY CO LTD) 16. März 2016 (2016-03-16)	1-7
X	Absätze [0006], [0009], [0039], [0066], [0068] ----- DE 10 2009 036056 A1 (DAIMLER AG [DE]) 10. Februar 2011 (2011-02-10)	1-7
X	Absätze [0001], [1213], [0019], [0025], [0026] -----	
<input 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 28. Juni 2017		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 07/07/2017
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 Brown, Andrew

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/000411

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 2735621	A1	28-05-2014	CN 103834835 A	04-06-2014
			EP 2735621 A1	28-05-2014
			US 2014140886 A1	22-05-2014
-----				
CN 105401005	A	16-03-2016	KEINE	
-----				
DE 102009036056	A1	10-02-2011	KEINE	
-----				