

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/201635 A1

- Figur 1

Verfahren und Werkzeug zur Herstellung eines Fahrzeug-Rades

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie ein mehrteiliges Werkzeug zur Herstellung eines Rades für ein Fahrzeug mit einer Felge zur Aufnahme eines Reifens und eine an die Felge stoff-,
5 kraft- und/oder formschlüssig angebundene Radschüssel mit einem Anbindungsbereich zur lösbaren Montage an einen Radträger.

Technischer Hintergrund

10 Fahrzeugräder bzw. Kraftfahrzeugräder sind Sicherheitsbauteile und müssen daher die hohen mechanischen und dynamischen Wechselbeanspruchungen im Fahrbetrieb dauerhaft aufnehmen können. Konventionelle „Stahlräder“ in Blechbauweise bestehen üblicherweise aus einer Radschüssel (Radscheibe), welche die Verbindung zur Radnabe sicherstellt und einer Felge (Felgenband), welche den Reifen aufnimmt. Die Radkomponenten werden heutzutage auf Stufenpressen in mehreren Schritten (bis zu elf Stufen) durch Kaltumformung (Tiefziehen, Drückwalzen, Profilieren) gefertigt. Dabei kommen bisher ausschließlich mikrolegierte Stähle
15 (Baustahl, Feinkornstahl) und Dualphasen-Stähle mit einer Festigkeit von 400 bis 600 MPa zum Einsatz. Als Fügetechnik wird vorzugsweise eine MAG- Schweißung in Kombination mit einer Pressverbindung (Tiefbettfelge) vorgesehen.

20 Das Gewicht der Fahrzeugräder wirkt sich als rotatorisch-bewegte Masse überproportional auf den Energieverbrauch der Fahrzeuge sowie zusätzlich auch auf die ungefederten Massen aus. Daher ist generell ein möglichst geringes Fahrzeugradgewicht bei idealerweise hoher Steifigkeit anzustreben. Insbesondere bei Nutzfahrzeugen mit mehreren Rädern und einem Einzelgewicht von ca. 36 bis 40 kg wirkt sich eine deutliche Gewichtsreduzierung auch positiv auf
25 die Transportlast aus. Gegenüber konventionell hergestellten Fahrzeugrädern kann weiteres Leichtbaupotenzial mit Stahl erschlossen werden, wenn zum einen Material mit höherer Festigkeit bzw. Schwingfestigkeit zur sicheren Aufnahme der Betriebslasten verwendet wird, und zum anderen Geometrie Anpassungen, wie z.B. Verprägungen zur Kompensierung der Steifigkeitsverluste aufgrund von geringeren Materialdicken umgesetzt werden können. Mit anstei-
30 gender Materialfestigkeit nimmt aber in der Regel auch die Kaltumformbarkeit konventioneller Stähle (Kohlenstoffstahl) ab, welche schon bei heutigen Radschüsseln annähernd ausgereizt ist. Somit stößt der Leichtbau mit kaltumformbaren und höherfesten Stählen auf Basis heutiger Fertigungskonzepte für Räder an technische Grenzen. Neben dem Gewicht der Räder
35 spielt zudem bei Personenfahrzeugen das Design eine wesentliche Rolle. Die Designfreiheit

und Attraktivität bekannter Stahlräder ist daher ebenfalls mit konventionellen Bauweisen und Werkstoffen stark eingeschränkt.

5 Neben dem sogenannten Kaltumformen wird unter anderem auch das sogenannte Warmumformen im Fahrzeug-/Karosseriebau angewandt, in Fachkreisen auch unter der indirekten oder direkten Warmumformung bekannt. Durch den Einsatz der Warmumformung kann die Anforderung nach einer hohen Umformbarkeit bei gleichzeitig hohen Festigkeiten der endgeformten Bauteile erfüllt werden. Entsprechende Umformverfahren, die unter Einbeziehung einer vorangehenden Wärmebehandlung des Werkstücks, beispielsweise in einem separaten Ofen
10 erfolgen, sind aus dem Stand der Technik hinreichend bekannt, insbesondere das Warmumformen und Presshärten von Stahlblech. Allerdings ist der Einsatz der Warmumformung für maßgeblich zyklisch-belastete Bauteile aus Stahlblech, wie z.B. Querlenker, Räder, Achsträger, im automobilen Fahrzeugbau bisher nicht etabliert.

15 Als Stand der Technik zur Blech-Warmumformung von Personenkraftwagenräder beziehungsweise der entsprechenden Radschüsseln, welche zumindest bereichsweise pressgehärtet sein können, wird auf die Druckschriften DE 10 2007 019 485 A1, DE 10 2013 114 245 B3 und DE 10 2014 108 901 B3 verwiesen. Der Fokus dieser Schriften liegt im Wesentlichen auf den lokalen mechanischen Bauteileigenschaften der Radschüssel nach der Warmumformung beziehungsweise Presshärtung sowie entsprechenden Verfahrensschritten beziehungsweise
20 Vorrichtungen zur Herstellung von Radschüsseln für Standard-Stahlräder.

Eine zumindest bereichsweise Härtung einer Felge am zusammengebauten Rad ist in der Offenlegungsschrift US 2004/0041458 A1 offenbart, mit dem Ziel, die Widerstandsfähigkeit des
25 Rades bei einem Bordsteinanprall beziehungsweise einer schlagartigen Belastung zu erhöhen. Bei einem Standard-Rad für Personenfahrzeuge ist die Masse überwiegend in der Felge konzentriert (> ca. 60%), so dass sich eine Steigerung der Materialfestigkeit in der Felge nicht nur auf die Widerstandsfähigkeit bei schlagartiger Belastung positiv auswirkt, sondern bei entsprechender Auslegung auch eine Reduzierung des Felgengewichtes ermöglichen kann, welches insbesondere bei Nutzfahrzeugrädern wünschenswert ist. Die lokale Härtung des Rades
30 entsprechend dem vorgeschlagenen Verfahren aus US 2004/0041458 A1 ist insofern ungünstig, da das Vorgehen zu enormen Bauteilverzug führen würde, welches sich ungünstig auf die Maßhaltigkeit und den Rundlauf des Rades auswirkt.

35 Eine normgerechte Felge ist rotationsymmetrisch und/oder ringförmig ausgeführt und weist insbesondere um die Drehachse des Rades hinterschnittige Geometriebereiche am Felgen-

horn und der Felgenschulter (Hump, Ventilsitz) auf, so dass die Herstellung durch direkte Warmumformung technisch schwierig umsetzbar ist. Zudem ist aufgrund der komplexen Geometrie der Felge davon auszugehen, dass eine Warmumformung mit den bekannten Werkzeugkomponenten (Stempel, Blechhalter, Matrize) nicht zielführend ist.

5

Zusammenfassung der Erfindung

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zu Grunde, ein geeignetes Verfahren und ein entsprechendes Werkzeug zur Herstellung von warmumgeformten beziehungsweise pressgehärteten Felgen und somit auch Rädern aus Stahlblech anzugeben, welche eine hohe Gewichtsreduzierung, Maßhaltigkeit, Betriebsfestigkeit und Sicherheit insbesondere bei akzeptablen Fertigungskosten gewährleisten.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und alternativ durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 2.

Gemäß einer ersten Lehre betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Rades für ein Fahrzeug mit einer Felge zur Aufnahme eines Reifens und eine an die Felge stoff-, kraft- und/oder formschlüssig angebundene Radschüssel mit einem Anbindungsbereich zur lösba-

ren Montage an einen Radträger, umfassend die Schritte:

- Bereitstellen einer rotationssymmetrischen und/oder rohrförmigen und/oder endkonturnahen Vorform einer Felge,
- Bereitstellen einer Radschüssel,
- Anbinden der Radschüssel an die Vorform der Felge,
- zumindest teilweises oder vollständiges Erwärmen der Vorform der Felge und optional der angebundenen Radschüssel auf eine Temperatur von mindestens A_{C1} , vorzugsweise auf eine Temperatur von mindestens A_{C3} , insbesondere bezogen auf den Stahlwerkstoff der Felge, und anschließendes zumindest bereichsweise Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten, wobei das zumindest bereichsweise Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten in einem mehrteiligen Werkzeug durchgeführt wird, wobei das mehrteilige Werkzeug mindestens ein Innengesenk, mindestens ein Obergesenk und mindestens zwei Außengesenke aufweist, wobei die Außengesenke jeweils zumindest bereichsweise eine Wirkfläche aufweisen, welche zumindest bereichsweise der Endgeometrie der Außenkontur der Felge des Rades entsprechen, wobei die warme Vorform der Felge zwischen den Außengesenken angeordnet wird und die warme Vorform der Felge durch Einwirken der Wirkflächen der Außengesenke auf die Außenkontur der Vorform der Felge in die Endgeometrie der Außenkontur der

Felge des Rades überführt, zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet wird.

- Erfindungsgemäß wird ein bereits vorgefertigtes, zusammengebautes Rad umfassend eine Vorform der Felge mit einer angebundenen Radschüssel, insbesondere aufweisend eine kraftschlüssige und/oder stoffschlüssige Anbindung, zumindest teilweise oder vollständig auf eine Temperatur von mindestens A_{C1} , vorzugsweise auf eine Temperatur von mindestens A_{C3} des Stahlwerkstoffs der Felge, erwärmt bzw. durchwärmt und anschließend in einem mehrteiligen Werkzeug zumindest die warme Vorform der Felge zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet. Durch das zumindest teilweise Presshärten, insbesondere durch den Werkzeugkontakt, entsteht zumindest teilweise in der Felge des Rades ein Härtegefüge, durch welches eine hohe Maßhaltigkeit durch Vermeidung von Rückfederung erreicht werden kann. Dadurch kann die Maßhaltigkeit des Gesamtrades im mehrteiligen Werkzeug verbessert werden, so dass aufwändige Nacharbeiten beispielsweise zur Kompensation der Rundlaufabweichungen reduziert oder komplett umgangen werden können. Das zumindest teilweise erzeugte Härtegefüge in der Felge führt bei entsprechender Durchführung zu einer höheren Betriebsfestigkeit der Felge, welches eine signifikante Gewichtsreduzierung des Gesamtrades ermöglicht.
- Gemäß einer Ausführung des Verfahrens weist das Innengesenk und/oder das Obergesenk jeweils eine Wirkfläche auf, welche auf die Sichtseite und/oder Rückseite der Radschüssel der zwischen den Außengesenken angeordneten, warmen Vorform mit angebundener Radschüssel einwirken, wobei die Radschüssel optional zumindest bereichsweise warm umgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet wird. Dadurch entsteht zumindest teilweise in der Radschüssel des Rades ein Härtegefüge, was zur weiteren Verbesserung des Rades beisteuern kann, da das zumindest teilweise erzeugte Härtegefüge in der Radschüssel bei entsprechender Durchführung zu einer höheren Betriebsfestigkeit der Radschüssel führt, welches eine weitere Gewichtsreduzierung des Gesamtrades ermöglicht.
- Gemäß einer Ausführung des Verfahrens weisen die Wirkflächen zumindest teilweise die Endgeometrie des Anbindungsbereichs an der Radschüssel auf und der Anbindungsbereich kann im mehrteiligen Werkzeug zumindest bereichsweise warm umgeformt werden. Die finale Form der Radschüssel kann ebenfalls in dem mehrteiligen Werkzeug berücksichtigt werden, wodurch im Vorfeld Schritte zur Herstellung, insbesondere im Wesentlichen der endkonturnahen Geometrie respektive Endgeometrie der Radschüssel eingespart werden können. Zudem kann die Betriebsfestigkeit der Anbindung, speziell einer möglichen Schweißverbindung, vor-

teilhaft beeinflusst werden, da beispielsweise mögliche Erweichungen in der Wärmeeinflusszone (WEZ) und damit metallurgische Kerben reduziert werden können, welches sich positiv auf die Betriebsfestigkeit und Stabilität des Gesamtrades auswirkt.

5 Gemäß einer Ausführung des Verfahrens sind das Innengesenk und/oder das Obergesenk derart ausgebildet, dass sie jeweils eine weitere Wirkfläche aufweisen, welche zumindest bereichsweise umlaufend um die Wirkfläche für die Radschüssel vorgesehen sind und zumindest abschnittsweise der Endgeometrie der Innenkontur der Felge des Rades entsprechen, wobei die warme Vorform der Felge durch Einwirken der weiteren Wirkflächen des Innenge-
10 senks und/oder Obergesenks auf die Innenkontur der Vorform der Felge zumindest abschnittsweise in die Endgeometrie der Innenkontur der Felge des Rades überführt, zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet wird. Insbesondere können die weiteren Wirkflächen im mehrteiligen Werkzeug als eine Art Gegenlager dienen, insbesondere wenn die Wirkflächen der Außengesenke auf die Außenkontur der Vorform der Fel-
15 ge respektive der Felge des Rades einwirken und dadurch die Vorform der Felge respektive die Felge zwischen sich aufnehmen und durch zumindest teilweises Presshärten eine gewisse Maßhaltigkeit in der Felge eingestellt werden kann. Dadurch kann die Maßhaltigkeit des Gesamtrades verbessert werden, so dass aufwändige Nacharbeiten beispielsweise zur Kompensation der Rundlaufabweichungen reduziert oder komplett umgangen werden können.

20

Gemäß einer Alternative zur ersten Lehre betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Rades für ein Fahrzeug mit einer Felge zur Aufnahme eines Reifens und eine an die Felge stoff-, kraft- und/oder formschlüssig angebundene Radschüssel mit einem Anbindungsbereich zur lösbaren Montage an einen Radträger, umfassend die Schritte:

25 - Bereitstellen einer rotationssymmetrischen und/oder rohrförmigen und/oder endkonturnahen Vorform einer Felge,
- Bereitstellen einer Radschüssel,
- zumindest teilweises oder vollständiges Erwärmen der Vorform der Felge auf eine Temperatur von mindestens A_{C1} , vorzugsweise auf eine Temperatur von mindestens A_{C3} , insbesondere bezogen auf den Stahlwerkstoff der Felge, und anschließendes zumindest bereichsweise
30 Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten, wobei das zumindest bereichsweise Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten in einem mehrteiligen Werkzeug durchgeführt wird, wobei das mehrteilige Werkzeug mindestens ein Innengesenk, mindestens ein Obergesenk und mindestens zwei Außengesenke aufweist, wobei die Außengesenke jeweils
35 zumindest bereichsweise eine Wirkfläche aufweisen, welche zumindest bereichsweise der Endgeometrie der Außenkontur der Felge des Rades entsprechen, wobei die warme Vorform

der Felge zwischen den Außengesenken angeordnet wird und die Vorform der Felge durch Einwirken der Wirkflächen der Außengesenke auf die Außenkontur der Vorform der Felge in die Endgeometrie der Außenkontur der Felge des Rades überführt, zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet wird,

- 5 - Anbinden der Radschüssel an die Vorform der Felge, insbesondere in einem mehrteiligen Werkzeug, während des zumindest bereichsweisen Warmumformens mit zumindest teilweisen Presshärten oder Anbinden der Radschüssel an die Felge des Rades nach dem zumindest bereichsweisen Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten.

- 10 Erfindungsgemäß wird alternativ eine Vorform der Felge im noch nicht vorgefertigten, zusammengebauten, d. h. im noch nicht mit einer Radschüssel angebundenen Zustand, zumindest teilweise oder vollständig auf eine Temperatur von mindestens A_{C1} , vorzugsweise auf eine Temperatur von mindestens A_{C3} , erwärmt bzw. durchwärmt und anschließend in einem mehrteiligen Werkzeug zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise press-
- 15 gehärtet. Durch zumindest teilweises Presshärten, insbesondere durch den Werkzeugkontakt, entsteht zumindest teilweise in der Felge des Rades ein Härtegefüge, durch welches eine hohe Maßhaltigkeit durch Vermeidung von Rückfederung erreicht werden kann. Das erzeugte Härtegefüge führt bei entsprechender Durchführung zu einer höheren Betriebsfestigkeit der Felge, welches eine signifikante Gewichtsreduzierung des Gesamtrades ermöglicht.

20

- Gemäß einer Ausführung des alternativen Verfahrens wird die Radschüssel auf eine Temperatur von mindestens A_{C1} , vorzugsweise auf eine Temperatur von mindestens A_{C3} , erwärmt, bevor sie in das mehrteilige Werkzeug eingelegt und anschließend mit der warmen Vorform der Felge in Kontakt gebracht wird oder bevor sie in Kontakt mit der warmen Vorform der Felge
- 25 gebracht wird, welche bereits in dem mehrteiligen Werkzeug angeordnet ist. Ein zumindest bereichsweise Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten kann daher neben dem zumindest bereichsweisen Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten der warmen Vorform der Felge auch an der Radschüssel in dem mehrteiligen Werkzeug durchgeführt werden, wobei das erzeugte Härtegefüge bei entsprechender Durchführung zu einer höheren Betriebsfestigkeit des Rades führt, welches eine signifikante Gewichtsreduzierung ermöglicht.
- 30 Zudem kann durch die Verarbeitung im mehrteiligen Werkzeug der Fertigungsaufwand reduziert werden.

- Alternativ kann die Radschüssel auch im kalten Zustand in das mehrteilige Werkzeug einge-
- 35 legt und anschließend mit der warmen Vorform der Felge in Kontakt gebracht werden oder mit der warmen Vorform der Felge in Kontakt gebracht werden, welche bereits in dem mehrteiligen

gen Werkzeug angeordnet ist. Die Radschüssel kann bereits optional zumindest bereichswei-
se warmumgeformt und zumindest teilweise gehärtet sein. Auch eine Kaltumformung durch
Drückwalzen oder Pressen ist denkbar. Dadurch kann ein zumindest teilweises Presshärten
der Radschüssel im mehrteiligen Werkzeug entfallen, wodurch das Werkzeug weniger kom-
plex ausgeführt werden muss.

Gemäß einer Ausführung des alternativen Verfahrens ist nach dem zumindest bereichsweise
Warmumformen und zumindest teilweisen Presshärten die Radschüssel mindestens kraft-
und/oder formschlüssig an der Felge angebunden. Die Radschüssel, unabhängig davon ob im
warmen oder kalten Zustand, wird mit der warmen Vorform der Felge in Kontakt gebracht, wo-
bei die Vorform der Felge aufgrund der Wärmeausdehnung einen größeren Durchmesser im
Vergleich zum kalten Zustand aufweist, bewirkt eine Abkühlung der warmen Vorform der Fel-
ge ein thermisches Aufschumpfen auf die Radschüssel, wodurch zumindest eine Pressver-
bindung (Kraft- und/oder Formschluss) zwischen Radschüssel und Felge besonders effizient
durch den Prozess bereitgestellt werden kann. Dadurch kann der Fertigungsaufwand des Ge-
samtrades deutlich optimiert werden. Zudem können Eigenspannungen während der thermi-
schen Prozessführung abgebaut werden, welche sich sonst ungünstig auf die Betriebsfestig-
keit des Rades auswirken.

Gemäß einer weiteren Ausführung des alternativen Verfahrens kann zur Erhöhung der Be-
triebsfestigkeit des Rades und zur sicheren Anbindung zwischen der Radschüssel und der
Felge ein zusätzlicher Stoffschluss in einem nachgelagerten Prozessschritt erfolgen, insbe-
sondere mittels Schweißen, um auch eine Verdrehsicherheit der Radkomponenten zu gewähr-
leisten. Alternativ können im Zuge des Warmumformens der Felge lokale Verprägungen be-
ziehungsweise lokal geometrische Formen in den Bereich zur Anbindung zwischen Radschüs-
sel und Felge eingebracht werden, um einen zusätzlichen Formschluss zu erreichen, welche
einen nachträglichen thermischen Fügeprozess zum Erreichen einer Verdrehsicherheit unnö-
tig machen.

Gemäß einer Ausführung wird vorzugsweise für die Felge und optional für die Radschüssel
ein härtpbarer Stahlwerkstoff mit einem Kohlenstoffgehalt von mindestens 0,07 Gew.-%, insbe-
sondere von mindestens 0,10 Gew.-%, vorzugsweise von mindestens 0,15 Gew.-%, beson-
ders bevorzugt von mindestens 0,22 Gew.-% bereitgestellt.

Schwingfestigkeitsuntersuchungen der Erfinder haben gezeigt, dass härtpbare Stahlwerkstoffe
mit einer überwiegend martensitischen und/oder bainitischen Gefügestruktur, wie zum Beispiel

Mangan-Bor-, Vergütungs- und luft- bzw. ölhärtende Stähle, gegenüber den konventionell verwendeten Dualphasen- und mikrolegierten Stählen eine deutlich gesteigerte zyklische Biege-
wechselfestigkeit aufweisen und damit prinzipiell weiteren Leichtbau durch Blechdickenredu-
zierung, insbesondere der Kraftfahrzeug-Felge, ermöglichen. Der bereitgestellte Stahlwerk-
stoff kann ein Einsatzstahl oder Vergütungsstahl, insbesondere der Güte C10, C15, C22, C35,
5 C45, 42CrMo4, ein manganhaltiger Stahl, insbesondere der Güte 8MnCrB3, 16MnB5,
16MnCr5, 22MnB5, 37MnB5, ein lufthärtender Stahl, ein ölhärtender Stahl oder ein mehr-
schichtiger Stahl-Werkstoffverbund, beispielsweise mit drei Stahllagen, von denen mindestens
eine der Lagen härtbar ist, sein.

Bei der Temperatur A_{C1} beginnt das Gefüge in Austenit umzuwandeln und liegt insbesondere
vollständig austenitisch vor, wenn die Temperatur A_{C3} überschritten wird. Bevorzugt wird die
Vorform der Felge und/oder Radschüssel auf eine Temperatur von mindestens A_{C3} erwärmt,
so dass im gesamten Bauteil ein im Wesentlichen austenitisches Gefüge vorliegt. A_{C1} und A_{C3}
15 sind Kennwerte, welche abhängig von der Zusammensetzung (Legierungsbestandteile) des
verwendeten Stahlwerkstoffs sind und aus sogenannten ZTA- bzw. ZTU-Schaubildern ent-
nommen werden können. Das zumindest teilweise Presshärten erfolgt vorzugsweise in einem
Werkzeug, in welchem die zumindest bereichsweise Warmumformung durchgeführt wird, wo-
bei das Werkzeug in mindestens einem Bereich, in dem das Presshärten umgesetzt werden
20 soll, insbesondere aktiv gekühlt wird, so dass eine rasche Abkühlung durch Kontakt mit dem
Werkzeugteil, insbesondere mit dessen Werkzeugoberfläche/-wirkfläche bewirkt wird, um
Austenit in ein hartes Gefüge, welches insbesondere überwiegend Martensit und/oder Bainit
aufweisen kann, umzuwandeln, (M_f Martensit-Finish). Die erforderlichen Abkühlraten können
in Abhängigkeit von dem Zielgefüge ebenfalls aus den ZTU-Schaubildern entnommen wer-
25 den.

Unter zumindest bereichsweise Warmumformen ist insbesondere ein Ausformen der Vorform
der Felge und optional der Radschüssel in die gewünschte Endgeometrie (Sollgeometrie) der
Felge und Radschüssel, anders gesagt in die gewünschte Endgeometrie des Rades, und/oder
30 ein Kalibrieren zur Verbesserung der Maßhaltigkeit beziehungsweise Einhaltung von Toleran-
zen zu verstehen. In Kombination mit einem zumindest teilweisen Presshärten wird ein finales
Bauteil mit finalen mechanischen Eigenschaften und zumindest teilweise überwiegend mar-
tensitischer und/oder bainitischer Gefügestruktur der Felge respektive des Rades bereitge-
stellt. Bei Bedarf kann die Felge respektive das Rad auch vollständig pressgehärtet werden.
35 Eine überwiegend martensitische und/oder bainitische Gefügestruktur setzt einen Mindestan-
teil der Gefügephase einzeln oder in Kombination von 50% voraus.

Die rotationssymmetrische und/oder rohrförmige und/oder endkonturnahe Vorform der Felge wird insbesondere aus einem ebenen Blechzuschnitt aus einem härtbaren Stahlwerkstoff hergestellt. Mittels Kaltumformung, beispielsweise mittels rotatorisch bewegten Werkzeugkomponenten, wie zum Beispiel mittels Drückwalzen, Profilieren etc., kann eine Vorform der Felge vorzugsweise ein zumindest endkonturnahes Felgenbett und/oder Hump und/oder Felgenschulter und/oder Felgenhorn bereitgestellt werden. Unter Außenkontur der Vorform der Felge respektive der Felge des Rades ist zumindest abschnittsweise die äußere Geometrie des Felgenhorns, insbesondere abschnittsweise die äußere Geometrie des Felgenhorns und/oder der Felgenschulter, vorzugsweise abschnittsweise die äußere Geometrie des Felgenhorns, der Felgenschulter und/oder des Humps, besonders bevorzugt abschnittsweise die äußere Geometrie des Felgenhorns, der Felgenschulter, des Humps und/oder des Felgenbetts, welche insbesondere im Gebrauchszustand von einem montierten Reifen nicht mehr sichtbar ist, zu verstehen. Unter Innenkontur der Vorform der Felge respektive der Felge des Rades ist zumindest abschnittsweise die innere Geometrie des Felgenhorns, insbesondere abschnittsweise die innere Geometrie des Felgenhorns und/oder der Felgenschulter, vorzugsweise abschnittsweise die innere Geometrie des Felgenhorns, der Felgenschulter und/oder des Humps, besonders bevorzugt abschnittsweise die innere Geometrie des Felgenhorns, der Felgenschulter, des Humps und/oder des Felgenbetts, welche insbesondere auch im Gebrauchszustand zumindest bereichsweise sichtbar ist und sich mit der Radschüssel in direktem Kontakt befindet, zu verstehen.

Die Radschüssel kann insbesondere endkonturnah kalt umgeformt bzw. endgeformt sein oder aber auch bereits entsprechend optional zumindest bereichsweise warm umgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet sein. Die Sichtseite der Radschüssel entspricht im am Fahrzeug montierten Zustand der dem Fahrzeug abgewandten und sichtbaren Seite der Radschüssel und die Rückseite entspricht im am Fahrzeug montierten Zustand der dem Fahrzeug zugewandten und nicht sichtbaren Seite der Radschüssel.

Gemäß einer Ausführung weist die Radschüssel vorzugsweise eine Materialdicke bis maximal 6 mm für die Herstellung eines Rades für Personenfahrzeuge vorzugsweise oder eine Materialdicke mit mehr als 6 mm, insbesondere mit mehr als 8 mm für die Herstellung eines Rades für Nutzfahrzeuge auf, welche durch die höheren Radlasten zu begründen sind. Insbesondere Abweichungen von den vorgenannten Materialdicken sind bei weiteren Ausführungsformen je nach Auslegung und Fahrzeugtyp denkbar.

Gemäß einer Ausführung weist die Felge vorzugsweise eine Materialdicke bis maximal 3 mm für die Herstellung eines Rades für Personenfahrzeuge oder insbesondere eine Materialdicke mit mehr als 3 mm für die Herstellung eines Rades für Nutzfahrzeuge auf, welche durch die höheren Radlasten zu begründen sind. Insbesondere Abweichungen von den vorgenannten Materialdicken sind bei weiteren Ausführungsformen je nach Auslegung und Fahrzeugtyp denkbar.

Gemäß einer Ausführung wird das zumindest teilweise Presshärten der Vorform der Felge und optional der Radschüssel zusätzlich durch Verwendung eines Fluids, welches in direkten Kontakt mit der warmen Vorform der Felge und optional warmen Radschüssel gebracht wird, unterstützt. Dadurch können zum Beispiel Bereiche am Rad, die aufgrund ihrer Geometrie, beispielsweise bei hinterschnittiger Geometrie, keinen Werkzeugkontakt zum zumindest teilweisen Presshärten erfahren können, zusätzlich mit einem Fluid in Kontakt gebracht werden, um eine Abkühlung und damit die Einstellung eines Härtegefüges auch zumindest teilweise in den nicht mit dem Werkzeug in Kontakt stehenden Bereiche sicherzustellen. Zudem kann durch den höheren Wärmetransfer bei der Verwendung einer Kühlung mittels eines Fluids gerade die Härtebarkeit von Bauteilen mit höheren Materialdicken verbessert werden.

Gemäß einer zweiten Lehre betrifft die Erfindung ein mehrteiliges Werkzeug zur Herstellung eines Rades für ein Fahrzeug mit einer Felge zur Aufnahme eines Reifens und eine an die Felge stoff-, kraft- und/oder formschlüssig angebundene Radschüssel mit einem Anbindungsbereich zur lösbaren Montage an einen Radträger, mit mindestens einem Innengesenk, mindestens einem Obergesenk und mindestens zwei Außengesenken, wobei die Außengesenke jeweils zumindest bereichsweise eine Wirkfläche aufweisen, welche zumindest bereichsweise der Endgeometrie der Außenkontur der Felge des Rades entsprechen, wobei eine warme Vorform der Felge zwischen den Außengesenken anordbar ist, wobei durch Einwirken der Wirkflächen der Außengesenke auf die Außenkontur der Vorform der Felge die warme Vorform der Felge in die Endgeometrie der Außenkontur der Felge des Rades überführt, zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet werden kann, wobei die mindestens zwei Außengesenke translatorisch bewegbar sind und im zusammengefahrenen Zustand die Felge des Rades entlang ihrer Außenkontur zumindest bereichsweise, insbesondere im Wesentlichen vollständig aufnehmen können.

Erfindungsgemäß ist durch die mindestens zwei translatorisch bewegbaren Außengesenke des mehrteiligen Werkzeugs die Felge des Rades entlang ihrer Außenkontur im zusammengefahrenen Zustand zumindest bereichsweise, insbesondere im Wesentlichen vollständig aufnehmbar, so dass zumindest die warme Vorform der Felge im mehrteiligen Werkzeug zumin-

dest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet werden kann, wobei durch das zumindest teilweise Presshärten, insbesondere durch den Werkzeugkontakt, zumindest teilweise in der Felge des Rades ein Härtegefüge entsteht, durch welches eine hohe Maßhaltigkeit durch Vermeidung von Rückfederung erreicht werden kann.

5

Die Anzahl der Außengesenke ist daher nicht auf zwei reduziert. Es können in Abhängigkeit der Größe und Anwendung des Rades auch drei, vier oder mehr als vier Außengesenke vorgesehen sein, welche jeweils translatorisch bewegbar sind und eine entsprechend an die Außenkontur der Felge ausgebildete Wirkfläche zur zumindest bereichsweisen Aufnahme der Felge respektive des Rades ermöglichen. Translatorisch bewegbar heißt, dass die Außengesenke vorzugsweise radial in Richtung der Felge respektive des Rades zu- und wegbewegbar sind, wobei insbesondere die Drehachse der Felge respektive des Rades dem zentralen Punkt im Werkzeug insbesondere für die bewegliche Ausführung der Außengesenke entspricht.

10

Um Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die vorteilhaften Ausführungen der Verfahren zur Herstellung eines Rades für Fahrzeuge verwiesen.

15

Gemäß einer Ausgestaltung des Werkzeugs sind das Innengesenk und/oder das Obergesenk translatorisch bewegbar, besonders bevorzugt in axialer Richtung des Rades. Vorzugsweise sind sie koaxial zueinander bewegbar, wobei die Drehachse der Felge und die Achsen des Innen- und Obergesenks deckungsgleich sind, wobei insbesondere das Innengesenk oder das Obergesenk starr ausgebildet sein kann, wodurch das Werkzeug einfacher und mit weniger beweglichen Komponenten bestückt sein kann. Insbesondere ist es dadurch möglich, dass das Werkzeug das Rad im zusammengefahrenen Zustand zumindest bereichsweise, insbesondere im Wesentlichen vollständig aufnimmt, so dass ein Bauteilverzug im Wesentlichen verhindert werden kann.

20

25

Gemäß einer Ausgestaltung des Werkzeugs weisen das Innengesenk und/oder das Obergesenk jeweils eine Wirkfläche auf, welche auf die Sichtseite und/oder Rückseite der Radschüssel der zwischen den Außengesenken angeordneten, warmen Vorform der Felge mit angebundener Radschüssel einwirken, welche die Radschüssel optional zumindest bereichsweise warm umformen und zumindest teilweise presshärten können, und insbesondere die Wirkflächen zumindest teilweise der Endgeometrie des Anbindungsbereichs an der Radschüssel entsprechen. Dadurch kann insbesondere auch das zumindest bereichsweise Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten der Radschüssel neben der Felge in dem mehrteiligen

30

35

Werkzeug umgesetzt werden und dadurch der Fertigungsaufwand sowie Nacharbeit reduziert und die Maßhaltigkeit des Gesamtrades gesteigert werden.

Gemäß einer Ausgestaltung des Werkzeugs sind das Innengesenk und/oder das Obergesenk derart ausgebildet, dass sie jeweils eine weitere Wirkfläche aufweisen, welche zumindest be-
5 reichsweise umlaufend um die Wirkfläche für die Radschüssel vorgesehen sind und zumindest abschnittsweise der Endgeometrie der Innenkontur der Felge des Rades entsprechen, so dass eine ausreichende Härtung und Maßhaltigkeit durch den beidseitigen Werkzeugkontakt ermöglicht werden kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Gleiche Teile sind stets mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Im Einzelnen zeigen:

- Fig. 1 bis 4 eine Prozessabfolge eines Verfahrens zur Herstellung einer Rades zu unter-
schiedlichen Zeitpunkten am Beispiel eines mehrteiligen Werkzeugs in perspektivischer Darstellung gemäß einer ersten erfindungsgemäßen Ausführung,
Fig. 5 und 6 eine Prozessabfolge eines Verfahrens zur Herstellung einer Rades zu unter-
20 unterschiedlichen Zeitpunkten am Beispiel eines mehrteiligen Werkzeugs in perspektivischer Darstellung gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführung,
Fig. 7 bis 10 eine Prozessabfolge eines Verfahrens zur Herstellung einer Rades zu unterschiedlichen Zeitpunkten am Beispiel eines mehrteiligen Werkzeugs in perspektivischer Darstellung gemäß einer dritten erfindungsgemäßen Ausführung,
25 Fig. 11 bis 14 eine Prozessabfolge eines Verfahrens zur Herstellung einer Rades zu unterschiedlichen Zeitpunkten am Beispiel eines mehrteiligen Werkzeugs in perspektivischer Darstellung gemäß einer vierten erfindungsgemäßen Ausführung und
Fig. 15 eine perspektivische Ansicht eines zusammengebauten Rades.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Das Rad (1) für ein Fahrzeug umfasst eine Felge (2) zur Aufnahme eines nicht dargestellten Reifens und eine an die Felge (2) stoff-, kraft- und/oder formschlüssig angebundene Radschüssel (3) mit einem Anbindungsbereich (3.1) zur lösbaren Montage an einen nicht dargestellten Radträger, Figur 15. Besonders bevorzugt erfolgt die Anbindung der Radschüssel (3) an die Felge (2) durch einen Presssitz (Kraft- und/oder Formschluss) in Kombination mit einem thermischen Fügeverfahren (Stoffschluss) wie z.B. eine MAG-oder Laser-Schweißung. Das Rad (1) kann für ein Personenfahrzeug ausgelegt werden, wobei für die Felge (2) vorzugsweise eine Materialdicke bis maximal 3 mm und für die Radschüssel (3) vorzugsweise eine Materialdicke bis maximal 6 mm vorgesehen ist, oder insbesondere für ein Nutzfahrzeug ausgelegt werden, wobei für die Felge (2) vorzugsweise eine Materialdicke mit mehr als 3 mm und für die Radschüssel (3) vorzugsweise eine Materialdicke mit mehr als 6 mm vorgesehen ist.

Es werden eine rotationssymmetrische und/oder rohrförmige und/oder endkonturnahe Vorform der Felge (2') sowie eine Radschüssel (3') bereitgestellt (nicht dargestellt). Die rotationssymmetrische und/oder rohrförmige und/oder endkonturnahe Vorform der Felge (2') wird insbesondere aus einem ebenen Blechzuschnitt aus einem härtbaren Stahlwerkstoff mittels Kaltumformung beispielsweise durch Profilieren aus einem härtbaren Stahlwerkstoff hergestellt und weist vorzugsweise ein zumindest endkonturnahes Felgenbett und/oder Hump und/oder Felgenschulter und/oder Felgenhorn sowie Aufnahmebereich eines Ventils auf (nicht dargestellt). Auch die Radschüssel (3') kann aus einem härtbaren Stahlwerkstoff insbesondere mittels Kaltumformung endgeometrienah hergestellt sein (nicht dargestellt). In einem weiteren Schritt wird die Radschüssel (3') an die Vorform der Felge (2') stoff-, kraft- und/oder formschlüssig angebunden (nicht dargestellt) und kann als bereits vorgefertigtes, zusammengebautes Rad (1') weiter verarbeitet werden. Besonders bevorzugt erfolgt die Anbindung durch einen Presssitz in Kombination mit einem thermischen Fügeverfahren wie z.B. eine MAG-oder Laser-Schweißung.

Die Vorform der Felge (2') mit der angebundenen Radschüssel (3') wird mittels geeigneten Mitteln, beispielsweise in einem Durchlaufofen, zumindest teilweise oder vollständig auf eine Temperatur von mindestens A_{C1} , vorzugsweise von mindestens A_{C3} , erwärmt bzw. durchwärmt, wobei die warme Vorform der Felge (2') respektive das warme vorgefertigte Rad (1') anschließend zumindest bereichsweise warm umgeformt und zumindest teilweise pressgehar-

tet wird. Die angebundene Radschüssel (3') kann optional ebenfalls zumindest teilweise, insbesondere aktiv erwärmt werden.

Andere Mittel zur Erwärmung, sei es radiativ, konduktiv, induktiv, einzeln oder in Kombination,
5 können ebenfalls zur Anwendung kommen.

In den Figuren 1 bis 4 ist eine Prozessabfolge eines Verfahrens zur Herstellung einer Rades (1) zu unterschiedlichen Zeitpunkten am Beispiel eines mehrteiligen Werkzeugs (10) in perspektivischer Darstellung gemäß einer ersten erfindungsgemäßen Ausführung gezeigt. Das
10 zumindest bereichsweise Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten wird in einem mehrteiligen Werkzeug (10) durchgeführt wird, wobei das mehrteilige Werkzeug (10) mindestens ein Innengesenk (11), mindestens ein Obergesenk (12) und mindestens zwei Außengesenke (13) aufweist. Die Außengesenke (13) weisen jeweils zumindest bereichsweise eine Wirkfläche (13.1) auf, welche zumindest bereichsweise der Endgeometrie der Außenkontur
15 (2.2) der Felge (2) des Rades (1) entsprechen.

Das vorgefertigte Rad (1') wird zum zumindest bereichsweise Warmumformen und zumindest teilweise Presshärten bereitgestellt (Figur 1). Das vorgefertigte Rad (1') mit der warmen Vorform der Felge (2') wird zwischen den Außengesenken (13) in dem Werkzeug (10) angeordnet, insbesondere in das geöffnete Werkzeug (10) eingelegt, wobei insbesondere das Innengesenk (11) derart ausgebildet ist, das es das vorgefertigte Rad (1') aufnehmen kann (Figur 2). Im weiteren Verlauf wird das Obergesenk (12) in Richtung Innengesenk (11) translatorisch bewegt, symbolisiert durch den dargestellten Pfeil, wobei das Innengesenk (11) und/oder das Obergesenk (12) jeweils eine Wirkfläche (11.1, 12.1) aufweisen, welche auf die Sichtseite
20 (3.2') und/oder Rückseite (3.3') der Radschüssel (3') einwirken, um zumindest eine Fixierung des vorgefertigten Rads (1') aber auch einen Werkzeugkontakt (11, 12), insbesondere zumindest bereichsweise mit der Radschüssel (3') und auch zumindest bereichsweise mit der Innenkontur (2.3') der Vorform der Felge (2'), herzustellen, so dass zumindest ein Abkühlen abschnittsweise in der Radschüssel (3') und auch abschnittsweise an der Innenkontur (2.3') der
30 Vorform der Felge (2') bewirkt wird und damit verbunden ein zumindest abschnittsweises Ausbilden eines Härtegefüges initialisiert wird (Figur 3). Bei der Herstellung eines Nutzfahzeugrads ist besonders bevorzugt ein Kontakt im Anlagebereich bzw. im zu erzeugenden Anlagebereich (3.1) vorzusehen, da im Anlagebereich (3.1) die höchste Materialdicke vorliegt und danach sich auch die entsprechende Werkzeughaltezeit richtet. In dieser Ausgestaltung sind
35 das Obergesenk (12) translatorisch beweglich und das Innengesenk (11) starr ausgebildet. In einer weiteren nicht dargestellten Ausgestaltung kann auch das Innengesenk (11) translato-

risch beweglich ausgeführt oder das Obergesenk (12) starr und nur das Innengesenk (11) translatorisch beweglich ausgeführt sein. Weisen die Wirkflächen (11.1, 12.1) an dem Innengesenk (11) und an dem Obergesenk (12) beispielsweise zumindest teilweise die Endgeometrie des Anbindungsbereichs auf, kann an der Radschüssel (3') im warmen Zustand der Anbindungsbereich (3.1) im mehrteiligen Werkzeug (10) zumindest bereichsweise warm umgeformt und optional zumindest teilweise pressgehärtet werden.

Das Innengesenk (11) kann beispielsweise segmentiert ausgeführt sein, um ein Aufschumpfen der Radschüssel (3) und/oder der Felge (2) zu vermindern, um damit eine reibungslose Prozessabfolge ohne Bauteilvorschädigung zu erreichen.

Abschließend werden die zwei Außengesenke (13) translatorisch in Richtung der Vorform der Felge (2') bewegt, symbolisiert durch die dargestellten Pfeile, so dass sie im zusammengefahrenen Zustand die Felge (2) des Rades (1) entlang ihrer Außenkontur (2.2) der Felge (2) zumindest bereichsweise, insbesondere im Wesentlichen vollständig aufnehmen können. Dabei wird die Vorform der Felge (2') durch Einwirken der Wirkflächen (13.1) der Außengesenke (13) auf die Außenkontur (2.2') der Vorform der Felge (2') in die Endgeometrie der Außenkontur (2.2) der Felge (2) des Rades (1) überführt, zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet (Figur 4). Das Innengesenk (11) und/oder das Obergesenk (12) sind derart ausgebildet, dass sie jeweils eine weitere Wirkfläche (11.2, 12.2) aufweisen, welche zumindest bereichsweise umlaufend um die Wirkfläche (11.1, 12.1) für die Radschüssel (3') vorgesehen sind und zumindest abschnittsweise der Endgeometrie der Innenkontur (2.3) der Felge (2) des Rades (1) entsprechen, wobei die warme Vorform der Felge (2') durch Einwirken der weiteren Wirkflächen (11.2, 12.2) des Innengesenks (11) und/oder Obergesenks (12) auf die Innenkontur (2.3') der Vorform der Felge (2') zumindest abschnittsweise in die Endgeometrie der Innenkontur (2.3) der Felge (2) des Rades (1) überführt, zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet wird. Insbesondere können die weiteren Wirkflächen (11.2, 12.2) im mehrteiligen Werkzeug als eine Art Gegenlager dienen, insbesondere wenn die Wirkflächen (13.1) der Außengesenke (13) auf die Außenkontur (2.2') der Vorform der Felge (2') respektive der Felge (2) des Rades (1) einwirken und dadurch die Felge (2) zwischen sich aufnehmen und durch beidseitigen Werkzeugkontakt und zumindest teilweises Presshärten eine gewisse Maßhaltigkeit in der Felge (2) eingestellt werden kann.

Durch das zumindest teilweise Presshärten, insbesondere durch den Werkzeugkontakt (11, 12, 13), entsteht zumindest teilweise in der Felge (2) und optional zumindest teilweise in der

Radschüssel (3) des Rades (1) ein Härtegefüge, durch welches eine hohe Maßhaltigkeit durch Vermeidung von Rückfederung sowie Betriebsfestigkeit erreicht werden kann. Die Außengesenke (13) sind in der Figur 4 transparent ausgeführt, so dass gezeigt werden kann, dass das Rad (1) im zusammengefahrenen Zustand des Werkzeugs (10) zumindest bereichsweise, vorzugsweise im Wesentlichen vollständig aufgenommen ist.

Das Werkzeug (10) wird nach einer vorgegebenen Zeit, insbesondere nach Erreichen einer Temperatur, insbesondere wenn alle Umwandlungsvorgänge (Bainit und/oder Martensit) im Wesentlichen abgeschlossen sind und das gewünschte Gefüge in dem Rad (1) eingestellt ist, insbesondere nach Erreichen der M_F -Temperatur, wieder geöffnet und das zusammengebaute Rad (1) kann entnommen und insbesondere weiteren Schritten zugeführt werden, wie zum Beispiel einer Strahlbehandlung der Oberfläche zur eventuellen Entfernung eines entstandenen Zunders auf dem Rad (1) und/oder einer kathodischen Tauchlackierung (KTL) zur Einstellung eines vorgegebenen Korrosionsschutzes.

In den Figuren 5 und 6 ist eine Prozessabfolge eines Verfahrens zur Herstellung einer Rades (1) zu unterschiedlichen Zeitpunkten am Beispiel eines mehrteiligen Werkzeugs (10) in perspektivischer Darstellung gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführung gezeigt, wobei die Prozessabfolge im Wesentlichen der Prozessabfolge gemäß der ersten erfindungsgemäßen Ausführung mit dem Unterschied entspricht, dass anstelle von zwei nun vier Außengesenke (13) im Werkzeug (10) translatorisch bewegbar, symbolisiert durch die Pfeile, vorgesehen sind. Die vier Außengesenke (13) umschließen zu jeweils einem Viertel die Außenkontur (2.2) der Felge (2) des Rades (1). Damit kann eine bessere Kraftverteilung und Flächenpressung erreicht werden. Das Werkzeug (10) wird nach einer vorgegebenen Zeit, insbesondere nach Erreichen einer Temperatur, insbesondere wenn alle Umwandlungsvorgänge (Bainit und/oder Martensit) im Wesentlichen abgeschlossen sind und das gewünschte Gefüge in dem Rad (1) eingestellt ist, insbesondere nach Erreichen der M_F -Temperatur, wieder geöffnet und das zusammengebaute Rad (1) kann entnommen werden.

In den Figuren 7 bis 10 ist eine Prozessabfolge eines Verfahrens zur Herstellung einer Rades (1) zu unterschiedlichen Zeitpunkten am Beispiel eines mehrteiligen Werkzeugs (10) in perspektivischer Darstellung gemäß einer dritten erfindungsgemäßen Ausführung gezeigt. Die Ausgestaltung des Werkzeugs (10) in den Figuren 7 bis 10 entspricht im Wesentlichen der Ausgestaltung des Werkzeugs (10) in den Figuren 5 und 6 respektive in den Figuren 1 bis 4.

Im Gegensatz zu den beiden vorgenannten Ausführungsbeispielen kann alternativ ein noch nicht vorgefertigtes beziehungsweise betriebsfähiges Rad (1') zur Verfügung gestellt werden, wobei zunächst jeweils eine Vorform der Felge (2') und eine Radschüssel (3') getrennt voneinander bereitgestellt werden und eine Anbindung der Radschüssel (3') während des zumindest bereichsweisen Warmumformens mit zumindest teilweisen Presshärten an die Vorform der Felge (2') und/oder nach dem zumindest bereichsweise Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten der Radschüssel (3) an die Felge (2) des Rades (1) in einem separaten Schritt (nicht dargestellt) erfolgt.

Die Vorform der Felge (2') wird mittels geeigneten Mitteln, beispielsweise in einem Durchlaufofen, zumindest teilweise oder vollständig auf eine Temperatur von mindestens A_{C1} , vorzugsweise von mindestens A_{C3} , erwärmt bzw. durchwärmt. Die warme Vorform der Felge (2') wird zwischen den Außengesenken (13) in dem Werkzeug (10) angeordnet, insbesondere in das geöffnete Werkzeug (10) eingelegt, wobei insbesondere das Innengesenk (11) derart ausgebildet ist, das es die warme Vorform der Felge (2') aufnehmen kann (Figur 7). Des Weiteren wird eine Radschüssel (3, 3') im kalten Zustand, welche insbesondere endkonturnah kalt umgeformt bzw. endgeformt oder aber auch bereits entsprechend optional zumindest bereichsweise warm umgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet sein kann, oder alternativ im warmen Zustand, wobei sie mittels geeigneten Mitteln, beispielsweise in einem Durchlaufofen, auf eine Temperatur von mindestens A_{C1} , vorzugsweise von mindestens A_{C3} , zumindest teilweise oder vollständig erwärmt bzw. durchwärmt wird, bereitgestellt.

Die kalte oder warme Radschüssel (3, 3') wird in das geöffnete Werkzeug (10) eingelegt, in der sich bereits die warme Vorform der Felge (2') befindet und auf der Wirkfläche (11.1) des Innengesenks (11) abgelegt ist, wobei die Geometrie des Innengesenks (11) derart an die Felge (2, 2') angepasst ist, dass die Radschüssel (3, 3') innerhalb der Vorform (2') platziert werden kann, wobei die warme Vorform der Felge (2') aufgrund ihrer thermischen Ausdehnung im Vergleich zum kalten Zustand größer dimensioniert ist, d. h., dass der Durchmesser der warmen Vorform der Felge (2') im Vergleich zur kalten Vorform der Felge (2') respektive Felge (2) größer ist und dadurch die Radschüssel (3, 3') innerhalb der warmen Vorform (2') angeordnet werden kann (Figur 8).

Im weiteren Verlauf wird das Obergesenk (12) in Richtung des Innengesenks (11) translatorisch bewegt, symbolisiert durch den dargestellten Pfeil, wobei auch das Obergesenk (12) eine Wirkfläche (12.1) aufweist, welche auf die Sichtseite (3.2') und die Wirkfläche (11.1) des Innengesenks (11) auf die Rückseite (3.3') der Radschüssel (3, 3') einwirken, um zumindest

eine Fixierung der Radschüssel (3, 3') zu bewirken. Wird eine warme Radschüssel (3') eingesetzt, wird durch den Werkzeugkontakt (11, 12) Wärme abgeführt, so dass zumindest ein Abkühlen abschnittsweise in der Radschüssel (3') und damit verbunden ein zumindest abschnittsweises Ausbilden eines Härtegefüges initialisiert werden kann (Figur 9). Die Wirkflächen (11.1, 12.1) an dem Innengesenk (11) und an dem Obergesenk (12) weisen vorzugsweise zumindest teilweise die Endgeometrie des Anbindungsbereichs (3.1) der Radschüssel (3) auf, so dass zumindest der Anbindungsbereich (3.1) der Radschüssel (3') im warmen Zustand im mehrteiligen Werkzeug (10) zumindest bereichsweise warm umgeformt und optional zumindest teilweise pressgehärtet werden kann.

Abschließend werden die vier Außengesenke (13) translatorisch in Richtung der Vorform der Felge (2') bewegt, symbolisiert durch die dargestellten Pfeile, so dass sie im zusammengefahrenen Zustand die Felge (2) des Rades (1) entlang ihrer Außenkontur (2.2) zumindest bereichsweise, insbesondere im Wesentlichen vollständig aufnehmen können. Dabei wird die Vorform der Felge (2') durch Einwirken der Wirkflächen (13.1) der Außengesenke (13) auf die Außenkontur (2.2') der Vorform der Felge (2') in die Endgeometrie der Außenkontur (2.2) der Felge (2) des Rades (1) überführt, zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet (Figur 10). Das Innengesenk (11) und/oder das Obergesenk (12) sind derart ausgebildet, dass sie jeweils eine weitere Wirkfläche (11.2, 12.2) aufweisen, welche zumindest bereichsweise umlaufend um die Wirkfläche (11.1, 12.1) für die Radschüssel (3') vorgesehen sind und zumindest abschnittsweise der Endgeometrie der Innenkontur (2.3) der Felge (2) des Rades (1) entsprechen, wobei die warme Vorform der Felge (2') durch Einwirken der weiteren Wirkflächen (11.2, 12.2) des Innengesenks (11) und/oder Obergesenks (12) auf die Innenkontur (2.3') der Vorform der Felge (2') zumindest abschnittsweise in die Endgeometrie der Innenkontur (2.3) der Felge (2) des Rades (1) überführt, zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet wird. Durch die zumindest teilweise Wärmeabfuhr aus der warmen Vorform der Felge (2') in die Außengesenke (13), Innengesenk (11) und Obergesenk (12) und mit einem damit verbundenen thermischen Schrumpfen wird die innerhalb der Vorform der Felge (2') respektive Felge (2) angeordnete Radschüssel (3, 3') kraft- und/oder formschlüssig an die Felge (2) durch Aufschrumpfen der Felge (2) angebunden. Das Werkzeug (10) wird nach einer vorgegebenen Zeit, insbesondere nach Erreichen einer Temperatur, insbesondere wenn alle Umwandlungsvorgänge (Bainit und/oder Martensit) im Wesentlichen abgeschlossen sind und das gewünschte Gefüge in dem Rad (1) eingestellt ist, insbesondere nach Erreichen der M_f -Temperatur, wieder geöffnet und das zusammengebaute Rad (1) kann entnommen und insbesondere weiteren Schritten zugeführt werden, wie zum Beispiel einem weiteren Fügeschritt, vorzugsweise mittels Schweißen, um durch einen zusätz-

lichen Stoffschluss den vorhandenen Presssitz zwischen Radschüssel (3) und Felge (2) betriebssicher zu verbinden und/oder einer kathodischen Tauchlackierung (KTL) zur Einstellung eines vorgegebenen Korrosionsschutzes.

- 5 In den Figuren 11 bis 14 ist eine Prozessabfolge eines Verfahrens zur Herstellung einer Rades (1) zu unterschiedlichen Zeitpunkten am Beispiel eines mehrteiligen Werkzeugs (10) in perspektivischer Darstellung gemäß einer vierten erfindungsgemäßen Ausführung gezeigt.

10 Im Unterschied zu dem dritten Ausführungsbeispiel in den Figuren 7 bis 10 sind in dieser Ausgestaltung das Innengesenk (11) oben, translatorisch beweglich und das Obergesenk (12) unten, starr im Werkzeug (10) ausgebildet. Des Weiteren wird als erstes die Radschüssel (3, 3'), unabhängig davon ob im warmen oder kalten Zustand, in das geöffnete Werkzeug (10) eingelegt und auf der Wirkfläche (12.1) des Obergesenks (12) aufgelegt (Figur 11).

15 Die Vorform der Felge (2') wird mittels geeigneten Mitteln, beispielsweise in einem Durchlaufofen, zumindest teilweise oder vollständig auf eine Temperatur von mindestens A_{C1} , vorzugsweise von mindestens A_{C3} , erwärmt bzw. durchwärmt. Die warme Vorform der Felge (2') wird zwischen den Außengesenken (13) in dem Werkzeug (10) angeordnet, insbesondere in das geöffnete Werkzeug (10) eingelegt, in der sich bereits die warme oder kalte Radschüssel (3, 3') befindet. Die Geometrie des Obergesenks (12) ist derart an die Felge (2, 2') angepasst, dass die warme Vorform der Felge (2') zwischen den Außengesenken (13) und über die Radschüssel (3, 3') quasi übergestülpt werden kann, so dass die warme Vorform der Felge (2') die Radschüssel (3, 3') innerhalb der Vorform der Felge (2') aufnehmen kann, wobei die warme Vorform der Felge (2') aufgrund ihrer thermischen Ausdehnung im Vergleich zum kalten Zustand größer dimensioniert ist, d. h., dass der Durchmesser der warmen Vorform der Felge (2') im Vergleich zur kalten Vorform der Felge (2') respektive Felge (2) größer ist und dadurch die Radschüssel (3, 3') innerhalb der warmen Vorform der Felge (2') vorgesehen werden kann (Figur 12).

30 Im weiteren Verlauf wird das Innengesenk (11) in Richtung des Obergesenks (12) translatorisch bewegt, symbolisiert durch den dargestellten Pfeil, wobei auch das Innengesenk (11) eine Wirkfläche (11.1) aufweist, welche auf die Rückseite (3.3') und die Wirkfläche (12.1) des Obergesenks (12) auf die Sichtseite (3.2') der Radschüssel (3, 3') einwirken, um zumindest eine Fixierung der Radschüssel (3, 3') zu bewirken. Wird eine warme Radschüssel (3') eingesetzt, wird durch den Werkzeugkontakt (11, 12) Wärme abgeführt, so dass zumindest ein Abkühlen abschnittsweise in der Radschüssel (3') und damit verbunden ein zumindest ab-

35

schnittsweises Ausbilden eines Härtegefüges initialisiert wird (Figur 13). Die Wirkflächen (11.1, 12.1) an dem Innengesenk (11) und an dem Obergesenk (12) weisen vorzugsweise zumindest teilweise die Endgeometrie des Anbindungsbereichs (3.1) der Radschüssel (3) auf, so dass zumindest an der Radschüssel (3') im warmen Zustand der Anbindungsbereich (3.1) im mehrteiligen Werkzeug (10) zumindest bereichsweise warm umgeformt und optional zumindest teilweise pressgehärtet werden kann.

Das Innengesenk (11) kann beispielsweise segmentiert ausgeführt sein, um ein Aufschumpfen der Radschüssel (3) und/oder der Felge (2) zu vermindern, um damit eine reibungslose Prozessabfolge ohne Bauteilvorschädigung zu erreichen.

Abschließend werden die vier Außengesenke (13) translatorisch in Richtung der Vorform der Felge (2') bewegt, symbolisiert durch die dargestellten Pfeile, so dass sie im zusammengefahrenen Zustand die Felge (2) des Rades (1) entlang ihrer Außenkontur (2.2) zumindest bereichsweise insbesondere im Wesentlichen vollständig aufnehmen können (Figur 14), vgl. auch Ausführung zu Figur 10. Das Werkzeug (10) wird nach einer vorgegebenen Zeit, insbesondere nach Erreichen einer Temperatur, insbesondere wenn alle Umwandlungsvorgänge (Bainit und/oder Martensit) im Wesentlichen abgeschlossen sind und das gewünschte Gefüge in dem Rad (1) eingestellt ist, insbesondere nach Erreichen der M_f -Temperatur, wieder geöffnet und das zusammengebaute Rad (1) entnommen werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren sowie Werkzeug (10) können sowohl Räder (1) für Personenfahrzeuge wie auch für Nutzfahrzeuge hergestellt werden. Die einzelnen in den jeweiligen Ausführungsbeispielen gezeigten Merkmale sind auch untereinander bzw. miteinander kombinierbar. Die Felge (2) des Rades (1) kann vollständig oder nur teilweise pressgehärtet sein, beispielsweise nur Bereiche wie zum Beispiel das Felgenhorn, die Felgenschulter, der Hump und/oder das Felgenbett. Die Radschüssel (3) des Rades (1) kann entweder vollständig, teilweise oder gar nicht pressgehärtet sein. Vorzugsweise ist zumindest teilweise, insbesondere der Anbindungsbereich (3.1) der Radschüssel (3) bei einem Rad (1) für Personenfahrzeuge und/oder der Mittenbereich mit den Belüftungslöchern bei einem Rad (1) für Nutzfahrzeuge vollständig pressgehärtet.

Das Werkzeug (10) kann des Weiteren auch nicht dargestellte Mittel zum aktiven und/oder passiven Kühlen der einzelnen Werkzeugkomponenten (11, 12, 13) aufweisen, um eine Massenproduktion ohne nennenswerte Störung, beispielsweise durch zu warm werdende Werkzeugkomponenten, zu gewährleisten. Translatorisch bewegbar heißt, dass die Außengesenk-

ke (13) radial in Richtung der Felge (2, 2') respektive des Rades (1) zu- und wegbewegbar sind, wobei insbesondere die Drehachse (A) der Felge (2, 2') respektive des Rades (1) dem zentralen Punkt im Werkzeug insbesondere für die bewegliche Ausführung der Außengesenke (13) entspricht. Auch kann zusätzlich ein Fluid verwendet werden, insbesondere dann wenn
5 beispielsweise bereichsweise kein Werkzeugkontakt erfolgen kann, beispielsweise durch hinterschnittige Geometrien an den Rädern (1), so dass diese Bereich zusätzlich mit einem Fluid beaufschlagt werden kann, um eine gewisse Kühlwirkung zu erzeugen, so dass sich auch in diesen Bereichen ein Härtegefüge ausbilden kann. Denkbar ist auch die Verwendung von Tailored Products, insbesondere Materialien mit eingestellten Dicken oder Halbzeuge mit angepasster Geometrie, beispielsweise drückgewalzte Platinen, Tailored Welded Blanks, Tailored
10 Rolled Blanks etc.

Die hergestellten Räder (1) werden in Personenfahrzeugen, Nutzfahrzeugen, Lastkraftwagen, Sonderfahrzeugen, Bussen, Omnibussen, Agrarmaschinen, Agrarfahrzeugen, Militärfahrzeugen, ob mit Verbrennungsmotor und/oder elektrischem Antrieb, Anhänger, Auflieger oder Trailern verwendet.
15

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Rades (1) für ein Fahrzeug mit einer Felge (2) zur Aufnahme eines Reifens und eine an die Felge (2) stoff-, kraft- und/oder formschlüssig angebundene Radschüssel (3) mit einem Anbindungsbereich (3.1) zur lösbaren Montage an einen Radträger, umfassend die Schritte:
 - Bereitstellen einer rotationssymmetrischen und/oder rohrförmigen und/oder endkonturnahen Vorform einer Felge (2'),
 - Bereitstellen einer Radschüssel (3'),
 - Anbinden der Radschüssel (3') an die Vorform der Felge (2'),
 - zumindest teilweises oder vollständiges Erwärmen der Vorform der Felge (2') und optional der angebenen Radschüssel (3') auf eine Temperatur von mindestens A_{C1} und anschließendes zumindest bereichsweise Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten, wobei das zumindest bereichsweise Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten in einem mehrteiligen Werkzeug (10) durchgeführt wird, wobei das mehrteilige Werkzeug (10) mindestens ein Innengesenk (11), mindestens ein Obergesenk (12) und mindestens zwei Außengesenke (13) aufweist, wobei die Außengesenke (13) jeweils eine Wirkfläche (13.1) aufweisen, welche zumindest bereichsweise der Endgeometrie der Außenkontur (2.2) der Felge (2) des Rades (1) entsprechen, wobei die warme Vorform der Felge (2') zwischen den Außengesenken (13) angeordnet wird und die Vorform der Felge (2') durch Einwirken der Wirkflächen (13.1) der Außengesenke (13) auf die Außenkontur (2.2') der Vorform der Felge (2') in die Endgeometrie der Außenkontur (2.2) der Felge (2) des Rades (1) überführt, zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet wird.
2. Verfahren zur Herstellung eines Rades (1) für ein Fahrzeug mit einer Felge (2) zur Aufnahme eines Reifens und eine an die Felge (2) stoff-, kraft- und/oder formschlüssig angebundene Radschüssel (3) mit einem Anbindungsbereich (3.1) zur lösbaren Montage an einen Radträger, umfassend die Schritte:
 - Bereitstellen einer rotationssymmetrischen und/oder rohrförmigen und/oder endkonturnahen Vorform einer Felge (2'),
 - Bereitstellen einer Radschüssel (3, 3'),
 - zumindest teilweises oder vollständiges Erwärmen der Vorform der Felge (2') auf eine Temperatur von mindestens A_{C1} und anschließendes zumindest bereichsweise Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten, wobei das zumindest bereichsweise Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten in einem mehrteiligen

Werkzeug (10) durchgeführt wird, wobei das mehrteilige Werkzeug (10) mindestens ein Innengesenk (11), mindestens ein Obergesenk (12) und mindestens zwei Außengesenke (13) aufweist, wobei die Außengesenke (13) jeweils eine Wirkfläche (13.1) aufweisen, welche zumindest bereichsweise der Endgeometrie der Außenkontur (2.2) der Felge (2) des Rades (1) entsprechen, wobei die warme Vorform der Felge (2') zwischen den Außengesenken (13) angeordnet wird und die Vorform der Felge (2') durch Einwirken der Wirkflächen (13.1) der Außengesenke (13) auf die Außenkontur (2.2') der Vorform (2') in die Endgeometrie der Außenkontur (2.2) der Felge (2) des Rades (1) überführt, zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet wird,

- Anbinden der Radschüssel (3, 3') an die Vorform der Felge (2') während des zumindest bereichsweisen Warmumformens mit zumindest teilweisen Presshärten und/oder Anbinden der Radschüssel (3) an die Felge (2) nach dem zumindest bereichsweise Warmumformen mit zumindest teilweisen Presshärten.

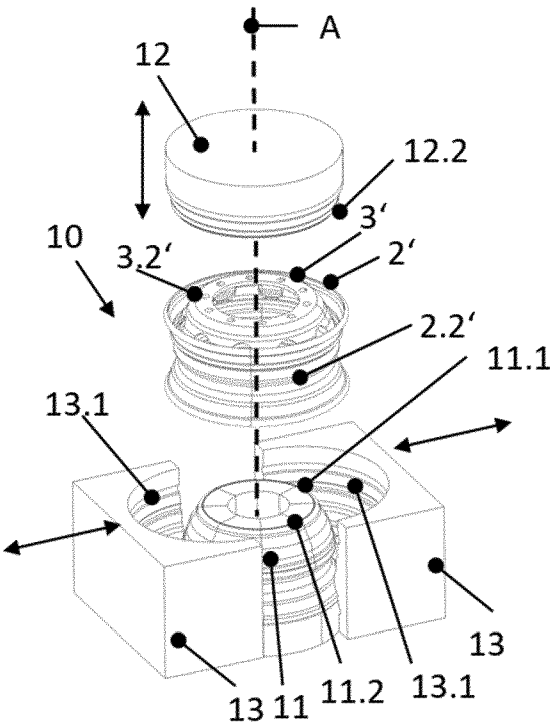
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Innengesenk (11) und/oder das Obergesenk (12) jeweils eine Wirkfläche (11.1, 12.1) aufweisen, welche auf die Sichtseite (3.2') und/oder Rückseite (3.3') der Radschüssel (3') der zwischen den Außengesenken (13) angeordneten, warmen Vorform der Felge (2') mit angebundener Radschüssel (3') einwirken, wobei die Radschüssel (3') optional zumindest bereichsweise warm umgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Wirkflächen (11.1, 12.1) zumindest teilweise die Endgeometrie des Anbindungsbereichs (3.1) an der Radschüssel (3) aufweisen und der Anbindungsbereich (3.1) im mehrteiligen Werkzeug (10) zumindest bereichsweise warm umgeformt und optional zumindest teilweise pressgehärtet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei das Innengesenk (11) und/oder das Obergesenk (12) derart ausgebildet sind, dass sie jeweils eine weitere Wirkfläche (11.2, 12.2) aufweisen, welche zumindest bereichsweise umlaufend um die Wirkfläche (11.1, 12.1) für die Radschüssel (3') vorgesehen sind und zumindest abschnittsweise der Endgeometrie der Innenkontur (2.3) der Felge (2) des Rades (1) entsprechen, wobei die warme Vorform der Felge (2') durch Einwirken der weiteren Wirkflächen (11.2, 12.2) des Innengesenks (11) und/oder Obergesenks (12) auf die Innenkontur (2.3') der Vorform der Felge (2') zumindest abschnittsweise in die Endgeometrie der Innenkontur

(2.3) der Felge (2) des Rades (2) überführt, zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet wird.

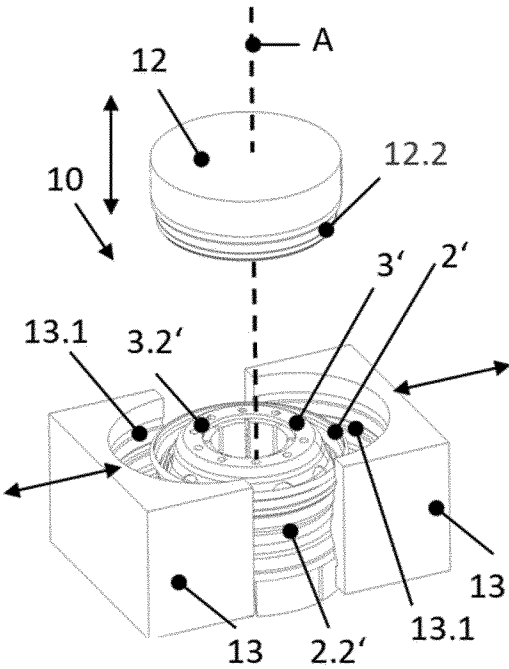
6. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Radschüssel (3') auf eine Temperatur von mindestens A_{C1} erwärmt wird, bevor sie in das mehrteilige Werkzeug (10) eingelegt und anschließend mit der warmen Vorform der Felge (2') in Kontakt gebracht wird oder bevor sie in Kontakt mit der warmen Vorform der Felge (2') gebracht wird, welche bereits in dem mehrteiligen Werkzeug (10) angeordnet ist.
7. Verfahren nach Anspruche 2, wobei die Radschüssel (3) vor dem Einlegen in das mehrteilige Werkzeug (10) und anschließenden in Kontakt bringen mit der warmen Vorform der Felge (2') oder vor in Kontakt bringen mit der warmen Vorform der Felge (2'), welche bereits in dem mehrteiligen Werkzeug (10) angeordnet ist, optional zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise gehärtet ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, wobei nach dem zumindest bereichsweise Warmumformen und zumindest teilweise Presshärten die Radschüssel (3) mindestens kraft- und/oder formschlüssig in einem nachgelagerten Prozessschritt an der Felge (2) angebunden ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Radschüssel (3) zusätzlich stoffschlüssig an die Felge (2) angebunden wird.
10. Verfahren nach einem der einem der vorgenannten Ansprüche, wobei für die Felge (2') und optional für die Radschüssel (3') ein härtpbarer Stahlwerkstoff mit einem Kohlenstoffgehalt von mindestens 0,07 Gew.-%, insbesondere von mindestens 0,10 Gew.-%, vorzugsweise von mindestens 0,15 Gew.-% bereitgestellt wird.
11. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die Radschüssel (3) eine Materialdicke bis maximal 6 mm für die Herstellung eines Rades (1) für Personenfahrzeuge oder eine Materialdicke mit mehr als 6 mm für die Herstellung eines Rades (1) für Nutzfahrzeuge aufweist.
12. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei das zumindest teilweise Presshärten der Vorform der Felge (2') und optional der Radschüssel (3') zusätzlich durch Verwendung eines Fluids, welches in direkten Kontakt mit der warmen Vorform der Felge (2') und optional warmen Radschüssel (3') gebracht wird, unterstützt wird.

13. Mehrteiliges Werkzeug (10) zur Herstellung eines Rades (1) für ein Fahrzeug mit einer Felge (2) zur Aufnahme eines Reifens und eine an die Felge (2) stoff-, kraft- und/oder formschlüssig angebundene Radschüssel (3) mit einem Anbindungsbereich (3.1) zur lösbaren Montage an einen Radträger, mit mindestens einem Innengesenk (11), mindestens einem Obergesenk (12) und mindestens zwei Außengesenken (13), wobei die Außengesenke (13) jeweils zumindest bereichsweise eine Wirkfläche (13.1) aufweisen, welche zumindest bereichsweise der Endgeometrie der Außenkontur (2.2) der Felge (2) des Rades (1) entsprechen, wobei eine warme Vorform der Felge (2') zwischen den Außengesenken (13) anordbar ist, wobei durch Einwirken der Wirkflächen (13.1) der Außengesenke (13) auf die Außenkontur (2.2') der Vorform der Felge (2') die warme Vorform der Felge (2') in die Endgeometrie der Außenkontur (2.2) der Felge (2) des Rades (1) überführt, zumindest bereichsweise warmumgeformt und zumindest teilweise pressgehärtet werden kann, wobei die mindestens zwei Außengesenke (13) translatorisch bewegbar sind und im zusammengefahrenen Zustand die Felge (2) des Rades (1) entlang ihrer Außenkontur (2.2) zumindest bereichsweise, insbesondere im Wesentlichen vollständig aufnehmen können.
14. Werkzeug nach Anspruch 13, wobei das Innengesenk (11) und/oder das Obergesenk (12) translatorisch bewegbar sind.
15. Werkzeug nach Anspruch 13 oder 14, wobei das Innengesenk (11) und/oder das Obergesenk (12) jeweils eine Wirkfläche (11.1, 12.1) aufweisen, welche auf die Sichtseite (3.2') und/oder Rückseite (3.3') der Radschüssel (3') der zwischen den Außengesenken (13) angeordneten, warmen Vorform der Felge (2') mit angebundener Radschüssel (3') einwirken, die Radschüssel (3') optional zumindest bereichsweise warm umformen und zumindest teilweise presshärten können, insbesondere die Wirkflächen (11.1, 12.1) zumindest teilweise der Endgeometrie des Anbindungsbereichs (3.1) an der Radschüssel (3) entsprechen.
16. Werkzeug nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei das Innengesenk (11) und/oder das Obergesenk (12) derart ausgebildet sind, dass sie jeweils eine weitere Wirkfläche (11.2, 12.2) aufweisen, welche zumindest bereichsweise umlaufend um die Wirkfläche (11.1, 12.1) für die Radschüssel (3') vorgesehen sind und zumindest abschnittsweise der Endgeometrie der Innenkontur (2.3) der Felge (2) des Rades (1) entsprechen.
17. Werkzeug nach einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei das Werkzeug (10) im zusammengefahrenen Zustand das Rad (1) zumindest bereichsweise, insbesondere im Wesentlichen vollständig aufnimmt.

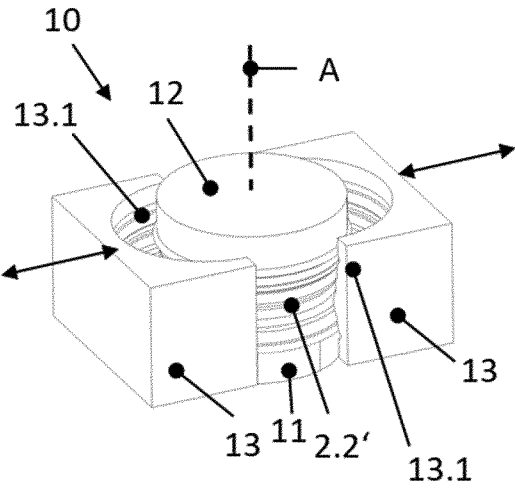
18. Verwendung eines nach einem der Ansprüche 1 bis 12 hergestellten Rades (1) in Personenfahrzeugen, Nutzfahrzeugen, Lastkraftwagen, Sonderfahrzeugen, Bussen, Omnibussen, Agrarmaschinen, Agrarfahrzeugen, Militärfahrzeugen, ob mit Verbrennungsmotor und/oder elektrischem Antrieb, Anhänger, Auflieger oder Trailern.



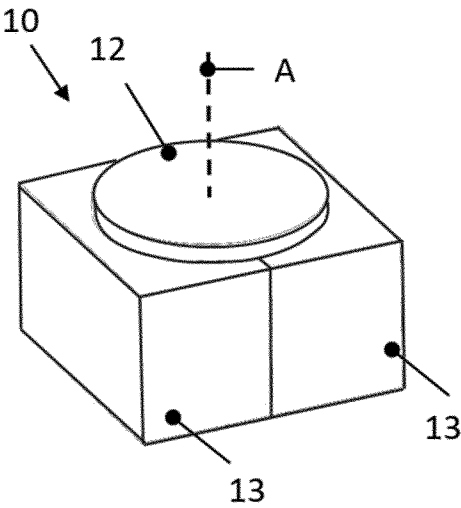
Figur 1



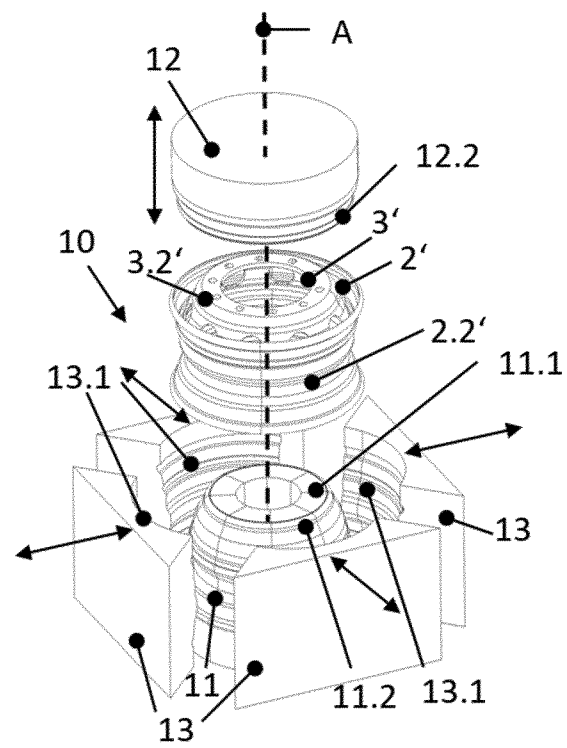
Figur 2



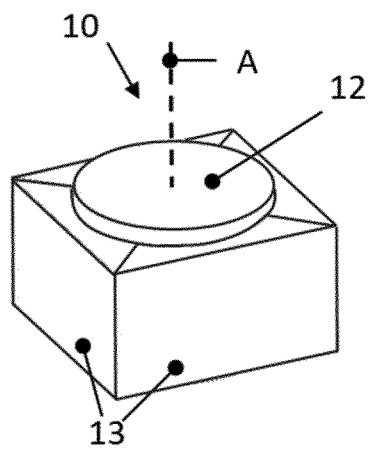
Figur 3



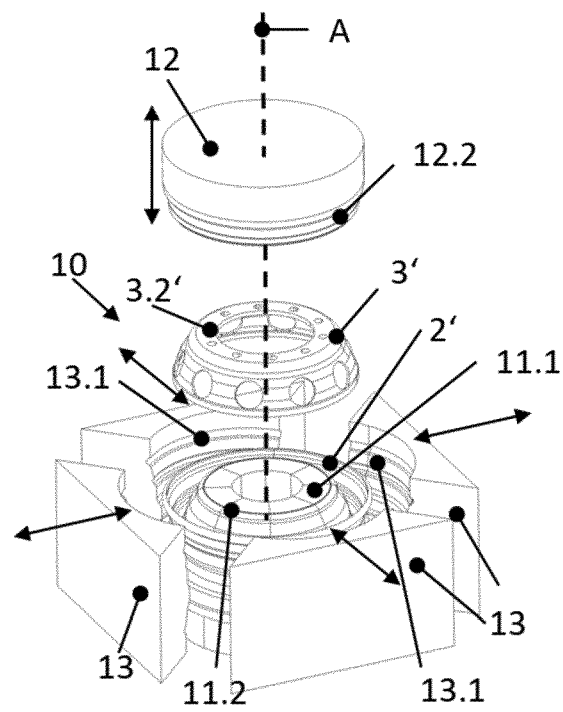
Figur 4



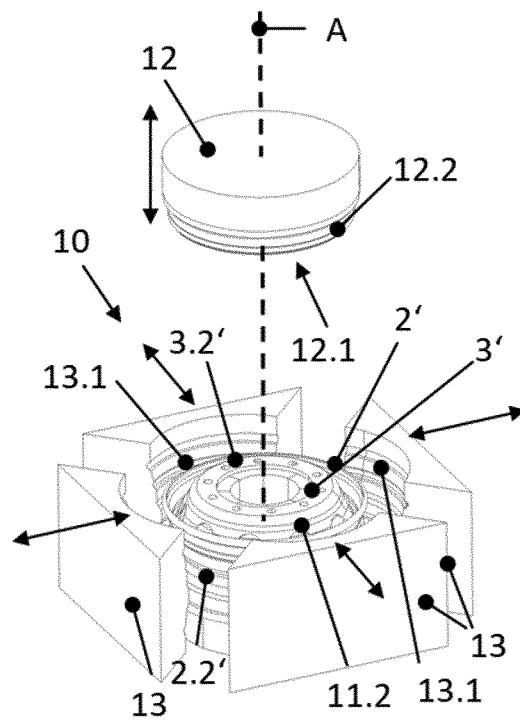
Figur 5



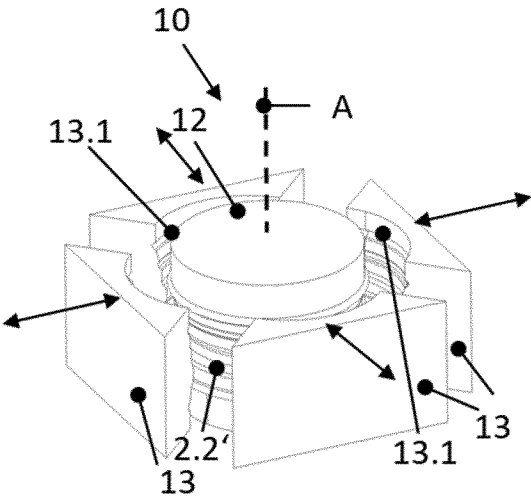
Figur 6



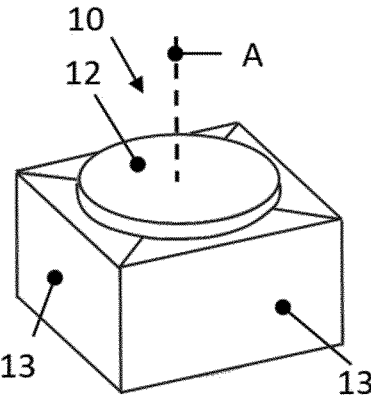
Figur 7



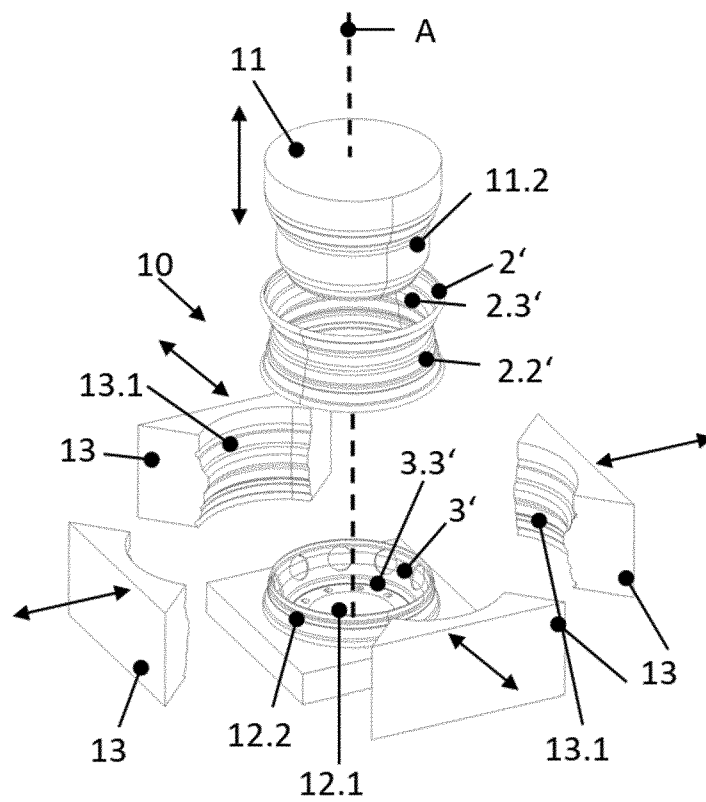
Figur 8



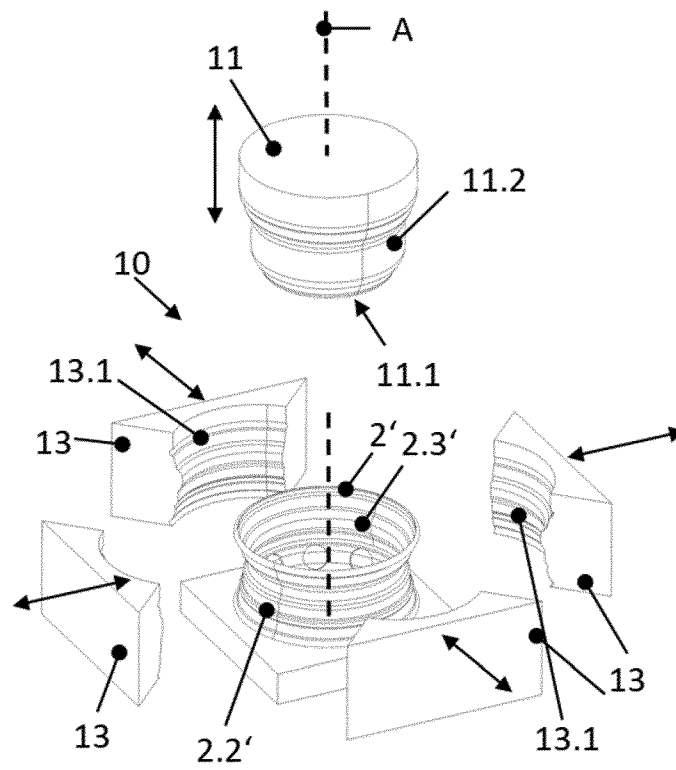
Figur 9



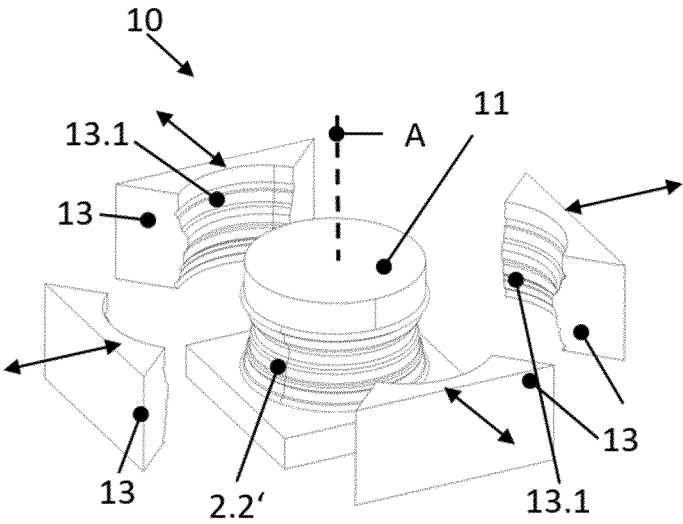
Figur 10



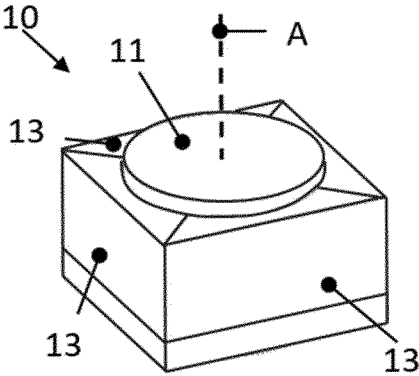
Figur 11



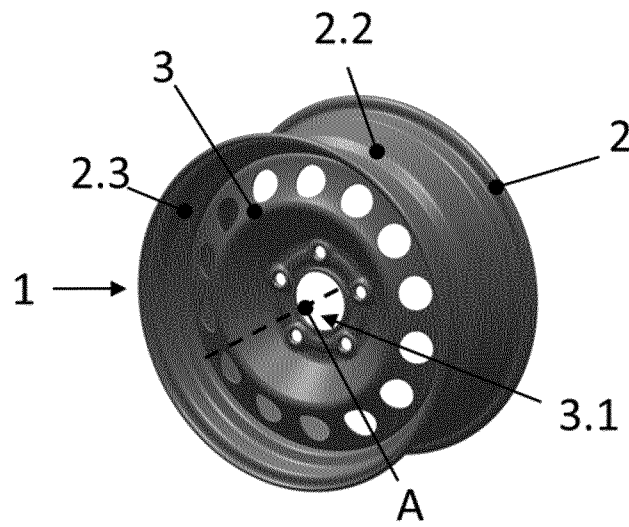
Figur 12



Figur 13



Figur 14



Figur 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/058752**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

C21D 9/34(2006.01)i; **B21D 22/02**(2006.01)i; **B21D 37/16**(2006.01)i; **B21D 53/26**(2006.01)i; **B21D 53/30**(2006.01)i;
B60B 3/04(2006.01)i; **B60B 21/00**(2006.01)i; **B60B 21/02**(2006.01)i

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)

C21D; B60B; B21D

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.
A	DE 102016202005 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]) 10 August 2017 (2017-08-10) paragraphs [0015], [0016], [0032]	1,2,18
A	WO 2012084177 A1 (TATA STEEL NEDERLAND TECH BV [NL]; DEN UIJL NICK JOHANNES [NL] ET AL.) 28 June 2012 (2012-06-28) claims 1-6	1,2,18
A	US 2007175037 A1 (COLEMAN ALAN [US] ET AL) 02 August 2007 (2007-08-02) claims 18,27; figures 6-12	1,2,13,18
A	WO 2008034564 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [DE]; LAMPRECHT BERNHARD [DE]) 27 March 2008 (2008-03-27) claims 1,2,5-8	1,2,13,18
A	CN 104475525 A (ZHEJIANG FENGCHI MECHANICAL CO LTD) 01 April 2015 (2015-04-01) abstract; figures 1-3	13



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

21 June 2019

Date of mailing of the international search report

08 July 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Lilimpakis, Emmanuel

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/058752

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A,P	WO 2018133928 A1 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]; THYSSENKRUPP AG [DE]) 26 July 2018 (2018-07-26) claims 1,2,5	1,2,18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/058752

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102016202005	A1	10 August 2017	CN	108698437	A	23 October 2018
				DE	102016202005	A1	10 August 2017
				EP	3414109	A1	19 December 2018
				WO	2017137310	A1	17 August 2017
WO	2012084177	A1	28 June 2012	CN	103328125	A	25 September 2013
				EP	2654984	A1	30 October 2013
				WO	2012084177	A1	28 June 2012
US	2007175037	A1	02 August 2007	BR	PI0707444	A2	03 May 2011
				CN	101384383	A	11 March 2009
				DE	112007000239	T5	24 December 2008
				JP	5580989	B2	27 August 2014
				JP	2009525191	A	09 July 2009
				KR	20080093063	A	17 October 2008
				US	2007175037	A1	02 August 2007
				WO	2007089750	A2	09 August 2007
WO	2008034564	A1	27 March 2008	DE	102006044269	A1	10 April 2008
				WO	2008034564	A1	27 March 2008
CN	104475525	A	01 April 2015	NONE			
WO	2018133928	A1	26 July 2018	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	C21D9/34 B60B3/04	B21D22/02 B60B21/00
	B21D37/16 B60B21/02	B21D53/26 B21D53/30
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
C21D B60B B21D		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2016 202005 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]) 10. August 2017 (2017-08-10) Absätze [0015], [0016], [0032] -----	1,2,18
A	WO 2012/084177 A1 (TATA STEEL NEDERLAND TECH BV [NL]; DEN UIJL NICK JOHANNES [NL] ET AL.) 28. Juni 2012 (2012-06-28) Ansprüche 1-6 -----	1,2,18
A	US 2007/175037 A1 (COLEMAN ALAN [US] ET AL) 2. August 2007 (2007-08-02) Ansprüche 18,27; Abbildungen 6-12 -----	1,2,13, 18
A	WO 2008/034564 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [DE]; LAMPRECHT BERNHARD [DE]) 27. März 2008 (2008-03-27) Ansprüche 1,2,5-8 -----	1,2,13, 18
	-/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
21. Juni 2019		08/07/2019
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 Lilimpakis, Emmanuel

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	CN 104 475 525 A (ZHEJIANG FENGCHI MECHANICAL CO LTD) 1. April 2015 (2015-04-01) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 -----	13
A,P	WO 2018/133928 A1 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]; THYSSENKRUPP AG [DE]) 26. Juli 2018 (2018-07-26) Ansprüche 1,2,5 -----	1,2,18

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/058752

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102016202005 A1	10-08-2017	CN 108698437 A	23-10-2018
		DE 102016202005 A1	10-08-2017
		EP 3414109 A1	19-12-2018
		WO 2017137310 A1	17-08-2017

WO 2012084177 A1	28-06-2012	CN 103328125 A	25-09-2013
		EP 2654984 A1	30-10-2013
		WO 2012084177 A1	28-06-2012

US 2007175037 A1	02-08-2007	BR PI0707444 A2	03-05-2011
		CN 101384383 A	11-03-2009
		DE 112007000239 T5	24-12-2008
		JP 5580989 B2	27-08-2014
		JP 2009525191 A	09-07-2009
		KR 20080093063 A	17-10-2008
		US 2007175037 A1	02-08-2007
		WO 2007089750 A2	09-08-2007

WO 2008034564 A1	27-03-2008	DE 102006044269 A1	10-04-2008
		WO 2008034564 A1	27-03-2008

CN 104475525 A	01-04-2015	KEINE	

WO 2018133928 A1	26-07-2018	KEINE	
