

(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
4. August 2011 (04.08.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/091966 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B29C 47/08 (2006.01) **C08J 11/10** (2006.01)
B29C 47/78 (2006.01) **C08J 11/12** (2006.01)
B29C 47/88 (2006.01) **C08J 11/28** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/000239

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Januar 2011 (21.01.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 006 476.9
31. Januar 2010 (31.01.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **ENTEX RUST & MITSCHKE GMBH**
[DE/DE]; Heinrichstr. 67a, 44805 Bochum (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RUST, Harald**
[DE/DE]; Heinrichstr. 67a, 44805 Bochum (DE).

(74) Anwalt: **KAEWERT, Klaus**; Gänsestrasse 4, 40593
Düsseldorf (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: DEVULCANIZATION OF SCRAP RUBBER

(54) Bezeichnung : DEVULKANISIEREN VON ALTGUMMI

(57) Abstract: The invention relates to the devulcanization of scrap rubber in a planet roller extruder.

(57) Zusammenfassung: Nach der Erfindung findet eine Devulkanisierung von Altgummi im Planetwalzenextruder statt.



WO 2011/091966 A1

Devulkanisieren von Altgummi

Die Erfindung betrifft das Devulkanisieren von Altgummi.

Gummi besteht aus Naturkautschuk und/oder künstlich hergestellten Elastomeren, deren Moleküle eine Vernetzung erfahren haben. Bekannt sind dabei unter anderem Schwefel-Kohlenstoffverbindungen und Schwefel-Schwefel-Verbindungen zwischen den Molekülen. Dabei wird auch von Querverbindungen gesprochen.

Durch das Vernetzen ändern sich die Materialeigenschaften drastisch. Das betrifft insbesondere die Festigkeit, Elastizität und die Wärmebelastungsfähigkeit.

Überwiegend kommt Gummi in der Fahrzeugindustrie zur Anwendung. Die Belastbarkeit von Fahrzeugreifen ist legendär.

Je nach Laufkilometer der Reifen ergibt sich ein Verschleißzustand, der sich daran mißt, wie stark das Profil der Reifen abgefahren ist.

Wenn das Profil eine bestimmte Dicke unterschritten hat, muß ein Reifenwechsel vorgenommen werden.

Es fallen Altreifen bzw. Altgummi an.

Es gibt zwar verschiedene Vorschläge zur chemischen Aufbereitung von Altgummi, der Aufwand ist jedoch so hoch, daß bisher davon kaum Gebrauch gemacht wird. Vielmehr wird Altgummi vorzugsweise der Verbrennung zugeführt. Dabei hat sich die Zementindustrie als großer Abnehmer erwiesen. Dort wird der Altgummi in den Drehrohröfen mitverbrannt. Die Zementdrehrohröfen besitzt eine lange Verbrennungsstrecke, so daß unverbrannte Gase nachverbrannt werden. Eine Belastung der Umwelt aus unverbrannten Gasen der Altreifenverbrennung wird damit ausgeschlossen.

Die Zementindustrie verlangt für die Altreifenverbrennung jedoch zumeist einen Entsorgungsbeitrag.

Die Entsorgung der Altreifen wird außerdem nicht mehr als zeitgemäß angesehen.

Deshalb bemüht man sich seit langem um das Recycling von Gummi und Elastomeren.

Dabei werden verschiedene Wege gegangen.

Nach der DE60004885T2 werden zum Devulkanisieren von gehärteten(vernetzten) Elastomeren und Gummi Modifizierungsmittel eingesetzt. Diese Modifizierungsmittel bestehen ganz oder teilweise aus Adipinsäure oder Oxalsäure. Ferner finden Additive Anwendung, die aus Schwefel, Zinkoxid und Stearinsäure bestehen.

In der DE 909041 sind als Modifizierungsmittel Edeleanuextrakte vorgesehen, die aus Erdölverarbeitung gewonnen werden. Dabei handelt es sich zum Beispiel um Kerosin, Nitrobenzol, Furfurol, Phenol, Dichlordiäthylenäther,

Die DE 60008279T2 sieht Aminverbindungen als Devulkanisierungsmittel/Modifizierungsmittel vor.

Die DE60215210T2 sieht aromatisches Öl, naphthenisches Öl oder paraffinisches Öl als Devulkanisierungsmittel vor.

Die DE60306089T2 sieht 2-Butanol und Kohlendioxid als Devulkanisierungsmittel vor.

Auch die DE60120804T2 sieht Modifizierungsmittel vor. Allerdings wird das Öl aus dem Recyclat selbst gewonnen.

Aus Sicht der Erfindung haben die Modifizierungsmittel den Nachteil, daß die Modifizierungsmittel ganz oder teilweise in dem Recyclat verbleiben und die Verwendbarkeit des Recyclats ganz stark beschränken.

Es ist auch ein Devulkanisieren ohne chemische Mittel bekannt.
Bevorzugt finden dabei Mikrowellen und Ultraschallwellen Anwendung.
Mit den Wellen wird eine starke mechanische Belastung des Gummis und der Elastomere erzeugt, mit denen die Molekülketten aufgebrochen werden sollen.
Die mechanische Belastung kann durch Anwendung von Wärme bzw. durch hohen Dampfdruck ergänzt werden.
Gleichwohl wird diese Art der Devulkanisation als unzureichend angesehen, vgl. zum Beispiel die DE60120804T2.

Auch die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, das Altgummi in wirtschaftlicher Weise zu recyceln.

Dabei geht die Erfindung einen anderen Weg.
Die Erfindung will bei Altgummi und Elastomere mit Vernetzung, die mechanisch und /oder thermisch zumindest teilweise zerstörbar ist, mittels Extruder devulkanisieren. Insbesondere will die Erfindung Altgummi und Elastomere, deren Vernetzung auf einer Schwefelverbindung basiert, devulkanisieren.

Nach der Erfindung wird das mit den Merkmalen des Hauptanspruches erreicht.
Dabei findet ein Planetwalzenextruder Anwendung.
An sich ist bekannt, daß Einschneckenextrudern und Doppelschneckenextrudern eine mechanische Belastung verursachen, durch die Molekülgerüste zerbrechen können. Ein entsprechender Stand der Technik ist in der DE60120804T2 wie auch in der DE69329245T2, wie auch in der DE69724239T2 beschrieben.

Bei Planetwalzenextrudern wird gegenüber einem Doppelschneckenextruder eine sehr viel geringere mechanische Belastung der Molekülgerüste gesehen. Auch wenn die Planetwalzenextruder in einigen Druckschriften als mögliche Extrudervariante angesprochen werden, haben Planetwalzenextruder bislang in Produktionsanlagen für das Recycling von Gummi und Elastomeren keinen Eingang gefunden. Der geringen Erwartung an die mechanische Belastung von Molekülketten durch Planetwalzenextruder entspricht, daß einige Hinweise auf die Verwendung von Planetwalzenextrudern für die Regenerierung von Gummi zugleich mit dem Hinweis auf die Zugabe von oben beschriebenen Devulkanisationsmitteln verbunden sind.

Die Erfindung baut gleichwohl mit Dispergierringen eine zum Devulkanisieren ausreichende mechanische Wirkung in Planetwalzenextrudern auf. Mit den Dispergierringen wird der Durchtrittsquerschnitt für das im Extruder behandelte Gummi bzw. Elastomer gemäß den geltenden Ansprüchen mehr als durch einen Anlaufring reduziert. Üblicherweise besitzen Anlaufringe einen Innendurchmesser, der in etwa gleich dem Durchmesser ist, welche die Mittelachsen der Planetspindeln beschreiben. Diverse Bauarten zeigen auch einen größeren Innendurchmesser.

Der Innendurchmesser des erfindungsgemäß vorgesehenen Dispergieringes besitzt vorzugsweise einen Innendurchmesser, der mindestens 10% kleiner, vorzugsweise mindestens 20% und noch weiter bevorzugt mindestens 30% kleiner als der Teilkreisdurchmesser der Planetspindeln ist.

Die Reduzierung des Durchtrittsquerschnittes kann sogar so weit gehen, daß der Dispergierring in eine Nut der Zentralspindel eingreift.

Dabei kann der Dispergierring zum Beispiel sogar nur noch einen Spalt von wenigen Millimetern, im Extremfall von zum Beispiel einem Millimeter, bis zum Zahngrund für den Durchtritt von Gummi und Elastomeren offen lassen.

Nach der Erfindung kann es dabei von Vorteil sein, die Nut um ein geringes Maß, zum Beispiel um das Maß von einem Millimeter, über den Zahngrund der Verzahnung an der Zentralspindel hinaus in die Zentralspindel einzuarbeiten.

Vorzugsweise wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Aufbereitung von Altgummi eingesetzt, das von metallischen Verstärkungseinlagen befreit ist. Metallische Verstärkungseinlagen kommen insbesondere an Altreifen vor. Es handelt sich um Stahleinlagen, welche die Fahrzeugreifen in der gewünschten Form halten.

Für die Trennung von Gummi und Metall eignen sich verschiedene Verfahren. Wahlweise wird das Altgummi stark gekühlt und dem stark gekühlten Zustand in einer Mühle zerkleinert. In gekühltem Zustand wird die Zerkleinerung leichter, weil die Nachgiebigkeit von Gummi abnimmt. Je kälter das Gummi ist, desto leichter wird die Zerkleinerung.

Nach der Erfindung werden Gummi und Elastomere als Schnitzel in den Extruder eingesetzt. Der mittlere Schnitzeldurchmesser beträgt vorzugsweise 5 bis 40mm, nach weiter bevorzugt 15 bis 30mm.

Im Planetwalzenextruder läßt sich die Temperatur des Behandlungsgutes sehr gut einstellen, weil das Behandlungsgut bzw. Gummi und Elastomere großflächig und dünnsschichtig ausgewalzt wird. Dadurch wirkt der Planetwalzenextruder als großflächiger Wärmetauscher. Einschneckenextruder

und Doppelschneckenextruder mit vergleichbarer Baugröße besitzen eine vergleichsweise kleine Wärmetauscherfläche.

Die Planetwalzenextruder besitzen eine mittig angeordnete, angetriebene Zentralspindel. Die Zentralspindel ist außen üblicherweise mit einer Evolventenverzahnung versehen. Die Verzahnung wird nach Zahnmodulen unterschieden.

Die Zentralspindel wird von einem Gehäuse umgeben, das eine Innenverzahnung besitzt. Die Innenverzahnung hat den gleichen Zahnmodul wie die Außenverzahnung an der Zentralspindel.

Zwischen dem Gehäuse und der Zentralspindel sind mehrere Planetenspindel gleichmäßig am Umfang der Zentralspindel angeordnet. Die Planetenspindeln besitzen eine Außenverzahnung mit gleichem Modul wie die Zentralspindel und die Gehäuseverzahnung. Die Planetenspindeln kämmen mit der Zentralspindel und der Innenverzahnung des Gehäuses.

Die umlaufenden Planetenspindeln gleiten in Förderrichtung vorn an einem Gleitring bzw. Anlaufring, so daß deren Umlaufbahn in axialer Richtung bestimmt ist. Wegen der weiteren Einzelheiten üblicher Planetwalzenextruder wird zum Beispiel auf folgende Druckschriften Bezug genommen:

DE 102009019846, DE 102009013839, DE102008063036, DE 102008018686, DE 102007058174, DE102007050466, DE 102007041486, DE 102007040645.

Das Einsatzgut wird im Planetwalzenextruder zwischen den miteinander kämmenden Zähnen dünnsschichtig ausgewalzt. Dadurch entsteht eine starke Knetwirkung auf das Altgummi. Durch die Knetwirkung wird Wärme in das Altgummi getragen.

Die Knetwirkung kann durch unterschiedliche Zahl und/oder unterschiedliche Ausbildung der Planetenspindeln beeinflusst werden.

Die Zahl der Planetenspindeln beträgt vorzugsweise mindestens 5, vorzugsweise mindestens 6. Je größer der Durchmesser der Zentralspindel ist, desto mehr Planetenspindeln sind üblicherweise in einem Modul/Abschnitt vorgesehen. So können zum Beispiel bei größeren Baugrößen ohne weiteres 24 und mehr Spindeln zum Einsatz kommen.

Die Planetenspindeln können zum Beispiel als Normalspindeln, als Igelspindeln oder Noppenspindeln ausgebildet sein, wie sie in der DE 10 2004 048 440 oder in der US 7476416 beschrieben sind. Die Normalspindeln besitzt eine von einem Ende zum anderen Ende durchgehend gleiche Verzahnung.

Die Igelspindel baut auf der Normalspindel auf. In Abständen sind bei den Igelspindeln ringförmig umlaufende Ausnehmungen in die Verzahnung eingearbeitet, so daß in einer seitlichen Betrachtung einer Spindel eine meandernde Kontur ersichtlich ist.

Die Noppenspindel baut auch auf einer Normalspindel auf. Dabei ist die Spindel allerdings nach der Normalverzahnung mit einer gegenläufigen Verzahnung versehen, welche die Normalverzahnung kreuzt. Das heißt, in die Zähne der Normalverzahnung werden mit der gegenläufigen Verzahnung Lücken von bestimmter Form und Folge geschnitten. Die von der Normalverzahnung bleibenden Zähne zeigen eine Noppenform. Durch die Lücken reduziert sich die Förderwirkung der Planetenspindeln, während die Knetwirkung zunimmt. Außerdem unterscheidet sich der Knetvorgang mit den Noppen von dem Knetvorgang mit der Normalspindel und der Igelspindel.

Die zu den Igelspindeln und Noppenspindeln genannten Druckschriften beschreiben weitere nützliche Einzelheiten von Planetwalzenextrudern, die für eine erfindungsgemäß Devulkanisierung geeignet sind.

Die Temperatur des Behandlungsgutes wird im Planetwalzenextruder zur Zuführung von Wärme bzw. durch Kühlung auf ein für die Devulkanisierung gewünschtes Niveau.

Dieses Niveau liegt nach der Erfindung zwischen 250 und 350 Grad Celsius, vorzugsweise zwischen 250 und 300 Grad Celsius.

Die Knetwirkung und Wärmewirkung wird für die Dauer von 1 bis 4 min, vorzugsweise 1,5 bis 3 min aufrecht erhalten. Diese Dauer entspricht der Aufenthaltsdauer in dem Planetwalzenextruder.

Bei erfindungsgemäßer Knetung und Erwärmung des Altgummis wird die Schwefel-Verbindung gesprengt. Die Schwefelverbindung geht in einen gasförmigen Zustand über. Das Gas wird abgesaugt. Am Extruder wird das als Entgasung bezeichnet.

Die genaue Bestimmung der materialabhängigen jeweils richtigen Knetwirkung und Temperatur läßt sich durch Änderung der Durchlaufzeit und Änderung der Temperatur in wenigen Versuchen anhand der Versuchsergebnisse erreichen.

Bei richtiger Devulkanisierung entsteht nach entsprechender Behandlungsdauer/Aufenthaltsdauer von Gummi und Elastomeren ein flockiges Material ohne nennenswerte Festigkeit.

Bei zu hoher Temperatur zeigt das Behandlungsgut die Überhitzung optisch, zum Beispiel als verbacken.

Bei zu geringer Temperatur wird die Vernetzung nicht ausreichend aufgehoben, das ausgetragene Material ist zwar flexibel, zeigt zumindest aber teilweise seine Festigkeit.

Der Planetwalzenextruder ist für die gewünschte Temperierung von Altgummi besonders geeignet, wenn das Gehäuse innenseitig in bekannter Weise eine

Buchse besitzt, die zentralspindelseitig mit der beschriebenen Innenverzahnung versehen ist und außenseitig mit einer gleichen oder anderen Verzahnung versehen ist. Die Buchse wird vorzugsweise in das Gehäuse geschrumpft. Dabei verschließt das Gehäuse die Gänge der außenseitigen Verzahnung. Dadurch können diese Gänge als Kanäle genutzt werden.

Die Kanäle werden vorzugsweise durch einen Ringkanal an den Gehäuseenden miteinander verbunden. Der eine Ringkanal ist zulaufseitig vorgesehen und mit einer Zulaufleitung verbunden. Der andere Kanal ist ablaufseitig vorgesehen und mit einer Ablaufleitung verbunden. Beide Leitungen sind Bestandteil einer Temperierung. Als Temperierungsmittel dient Öl.

Das Öl wird durch die Kanäle gepumpt.

Je nach Öltemperatur bewirkt das eine Kühlung oder Beheizung.

Je nach Materialbeschaffenheit des Altgummis kann ein Extruder verwendet werden, dessen Länge ausreicht, um die gesamte Devulkanisierung in einem Extruder vorzunehmen. Das heißt, der Extruder hat dann eine Länge, in der sich die gesamte gewünschte Verweilzeit darstellen läßt.

Vorzugsweise finden jedoch Extruder Anwendung, die aus miteinander fluchtenden Modulen/Abschnitten zusammengesetzt sind. Jeder Modul besitzt ein eigenes Gehäuse und eigene Planetenspindeln und einen eigenen Anlauftring.

Vorzugsweise ist für alle miteinander fluchtenden Module/Abschnitte eine gemeinsame Zentralspindel vorgesehen.

Die Module/Abschnitte besitzen wahlweise insgesamt oder teilweise eine Länge von kleiner/gleich 800mm, vorzugsweise von kleiner/gleich 600mm und noch weiter bevorzugt von kleiner/gleich 500mm.

Durch kleinere Längen einzelner oder aller Module/Abschnitte kann eine Anpassung an unterschiedliche Temperaturanforderung erfolgen. Darüber hinaus kann die Temperierung an einem längeren

Extrudermodule/Extruderabschnitt auch in verschiedene Abschnitte unterteilt werden, die in axialer Richtung hintereinander liegen.

Es können aber auch Modullängen von mehr als 1000 mm, zum Beispiel 1400 mm Anwendung finden.

Je größer der Extruderdurchmesser ist, desto größer wird in der Regel der Durchsatz. Mit der Erhöhung des Durchsatzes kann sich die Verweildauer von Gummi und Elastomeren in dem Extruder verlängern und eine größere Extruderlänge ergeben.

Mit der Modulbauweise/Abschnittsbauweise eröffnet sich am Planetwalzenextruder auch die Möglichkeit zur Änderung der Knetwirkung durch Änderung der Verzahnung bzw. durch Einbau von Modulen mit unterschiedlicher Verzahnung.

Soweit gleiche Module bereits vorgesehen sind, kann im nachhinein noch eine Änderung der Knetwirkung und Durchlaufzeit durch Auswechselung der Planetenspindeln bzw. durch Reduzierung der Planetenspindelzahl erreicht werden. Dies beinhaltet bei einem Wechsel des Einsatzgutes einen gravierenden praktischen Vorteil.

In dem Sinne können Noppenspindeln mit Normalspindeln und/oder mit Igelspindeln kombiniert werden. Die Noppenspindeln stellen das eine Extrem für die Bearbeitung von Gummi im Extruder dar, die Wirkung von Igelspindeln und Normalspindeln weicht davon ab. Wenn sich zeigt, daß die Durchlaufzeit in obigem Sinne zu lang ist, können einzelne oder mehrere Noppenspindeln gegen Igelspindeln oder Normalspindeln ausgetauscht werden. Wahlweise finden auch zur Verkürzung der Durchlaufzeit Transportspindeln Anwendung, wie sie in der EP702739 beschrieben sind. Das heißt, es werden einzelne oder mehrere Noppenspindeln gegen Transportspindeln ausgetauscht.

Die Transportspindeln bauen gleichfalls auf den Normalspindeln auf. Dabei werden nach der Normalverzahnung einer Spindel einzelne oder mehrere Zähne aus der Spindel herausgearbeitet.

Günstig ist bei der Verarbeitung von Gummi oder dergleichen auch eine unterschiedliche Länge der Planetspindeln, so daß das in einen Planetwalzenmodul eingespeiste Material schonend und nicht schlagartig insgesamt von der Verzahnung ergriffen wird.

In der Zeichnung ist eine Extrusionsanlage für ein erfindungsgemäßes Verfahren für die Anwendung auf Altgummi dargestellt.

Bei der Extrusionsanlage handelt es sich um eine kleine Baugröße, bestehend aus verschiedenen Abschnitten 2,3,4,5,6.

Davon sind die Abschnitte 3,4,5,6 Planetwalzenmodule. Zu den verschiedenen Planetwalzenmodulen gehören innen verzahnte zylindrische Gehäuse, nicht dargestellte Planetspindeln und eine nicht dargestellte Zentralspindel. Hier ist für alle Planetwalzenmodule eine gemeinsame Zentralspindel vorgesehen. Das heißt, die Zentralspindel erstreckt sich durch alle Planetwalzenmodule.

In allen Planetwalzenmodulen sind jeweils sechs Planetspindeln vorgesehen.

Dabei sind die Planetspindeln der Planetwalzenmodule 3,4,5 als Noppenspindeln ausgebildet, während die Planetspindeln des Planetwalzenmoduls 6 als Transportspindeln ausgebildet sind.

Die Planetspindeln in den Planetwalzenmodulen 4,5,6 besitzen alle die gleiche Länge von 399 mm. Im Planetwalzenmodul 3 sind dagegen drei Planetspindeln mit dieser Länge vorgesehen. Die übrigen drei Planetspindeln besitzen eine kürzere Länge von 370 mm.

Alle Planetspindeln gleiten in nicht dargestellter Weise an üblichen Anlauftringen.

Zu der Extrusionsanlage gehört auch ein als Einschneckenextrudermodule ausgebildetes Füllteil. Dementsprechend dreht sich in dem Füllteil nur eine Schnecke.

Im Ausführungsbeispiel setzt sich die oben beschriebene gemeinsame Zentralspindel als Einschnecke in dem Füllteil bis zum Antrieb 1 fort. Das Altgummi wird im Ausführungsbeispiel als Schnitzel mit einem mittleren Durchmesser von 15 bis 30mm in das Füllteil 2 eindosiert. Die Dosierung ist mit 7 bezeichnet.

Die Planetwalzenmodule 3, 4, 5 werden mit Ölkühlern 10, 11, 12 während des Devulkanisierungsbetriebes auf einer Temperatur von 300 Grad Celsius gehalten. Die Temperatur ist materialabhängig.

Nach dem Austritt aus dem Planetwalzenmodule 5 wird das devulkanisierte Altgummi in dem Planetwalzenmodule 6 auf 220 Grad Celsius gekühlt, bevor es in krümeliger Form aus der Extrusionsanlage austritt und in einer Wasserkühlung 16 auf Raumtemperatur abgekühlt wird.

Für die Kühlung ist ein Wasserkühler 13 an dem Planetwalzenmodule 6 vorgesehen.

Auch das Füllteil 2 ist mit einem Wasserkühler 14 versehen.

Auch die Kühltemperaturen am Füllteil und nach der Devulkanisierung sind materialabhängig.

Im Ausführungsbeispiel ist überdies eine Innenkühlung der Zentralspindel vorgesehen. Der zugehörige Kühler 15 ist wie die Kühler 10, 11, 12 ein Ölkühler und auf eine Temperatur von 300 Grad Celsius eingestellt.

Die Devulkanisierung wird durch die mechanische und die thermische Belastung des Altgummis in der Extrusionsanlage bewirkt.

Zur mechanischen Belastung in den Planetwalzenmodulen 3,4,5 tragen auch Dispergierringe 20, 21, 22 bei.

Im Ausführungsbeispiel sind die Dispergierringe in Förderrichtung des Altgummis durch die Anlage hinter den nicht dargestellten Anlaufingen angeordnet.

Dabei ist der Innendurchmesser der Dispergierringe 20,21,22 kleiner als der Außendurchmesser der Zentralspindel. Die Dispergierringe 20,21,22 greifen in nicht dargestellte Nuten in der Zentralspindel, so daß die Zahnücken zwischen den Zähnen der Zentralspindel bis auf einen engen Spalt am Zahngrund geschlossen sind. Die Dispergierringe 20,21,22 sind im Übrigen zwischen den korrespondierenden Enden der Planetwalzenmodule gehalten, so daß auch der die Zentralspindel umgebende Gehäuseraum geschlossen ist und das Altgummi gezwungen ist, durch den engen Spalt zu dringen. Im Ausführungsbeispiel hat der Spalt eine Öffnungsweite von 2mm. Das bewirkt eine extreme Verformung und extreme mechanische Belastung.

Im einzelnen ist der Dispergierring 20 zwischen den Planetwalzenmodulen 3 und 4, der Dispergierring 21 zwischen den Planetwalzenmodulen 4 und 5 und der Dispergierring 22 zwischen den Planetwalzenmodulen 5 und 6 vorgesehen.

Die Einspannung der Dispergierringe 20,21,22 erfolgt beim Verspannen der zylindrischen Gehäuse der Planetwalzenmodule 3,4,5,6.

Die Planetwalzenmodule 3,4,5,6 besitzen dazu an ihren Enden übliche Flansche, die mit Spannschrauben gegeneinander gezogen werden.

Auch das Füllteil 2 besitzt übliche Flansche, Mit diesen Flanschen ist das Füllteil einerseits an dem Gehäuse des Antriebs 1 verspannt und andererseits mit dem Planetwalzenmodul 3.

Für die im Ausführungsbeispiel in Nuten der Zentralspindel greifenden Dispergierringen 20,21,22 ist vorgesehen, daß diese Ringe sich aus zwei Hälften zusammensetzen, um die Montage zu erleichtern.

Die Montage ist nachfolgend am Dispergierring 20 erläutert. Die Montage der übrigen Dispergierringe 20,21, 22 erfolgt entsprechend.

Nach der Montage des Füllteilgehäuses wird zunächst die Zentralspindel mit ihrem als Einschnecke ausgebildeten Ende in das Füllteilgehäuse geschoben und mit dem Antrieb gekoppelt.

Anschließend wird das Gehäuse des Planetwalzenmoduls 3 über die Zentralspindel geschoben und mit dem Füllteilgehäuse verspannt.

Es folgt die Positionierung der Planetspindeln des Planetwalzenmoduls 3. Dazu werden die Planetspindeln drehend in ihre vorgesehene Position zwischen Gehäuse und Zentralspindel geschoben. Die Position der Planetspindeln ist durch gleichmäßige Verteilung am Umfang der Zentralspindel und den schon beschriebenen Verzahnungseingriff der Planetspindeln mit der Innenverzahnung des Gehäuses und der Außerverzahnung der Zentralspindel gekennzeichnet.

Nach der Positionierung der Planetspindeln wird der Anlaufring für die Planetspindeln über die Zentralspindel und in eine zentrische Öffnung des Gehäuseendes des Planetwalzenmoduls geschoben. Der Anlaufring trägt im Berührungsbereich mit den Planetspindeln eine Hartmetallschicht als Verschleißschutz.

Nach Positionierung des Anlaufringes wird der aus zwei Hälften bestehende Dispergierring 20 an dem Anlaufring zur Anlage gebracht. Dabei werden die

Hälften zugleich in eine Nut der Zentralspindel geschoben. Die Zentrierung des Dispergierringes erfolgt dann mit Hilfe eines einteiligen Stützringes, der über die Zentralspindel geschoben werden kann und seinerseits in der gleichen Gehäuseöffnung wie der Anlaufring eine Zentrierung im Planetwalzenmodul 3 findet. Der Stützring ist zugleich so bemessen, daß er aus dem Ende der Gehäuseöffnung des Planetwalzenmoduls 3 herausragt und eine Zentrierung für das nachfolgend zu montierende Gehäuse des Planetwalzenmoduls 4 bildet. Das Gehäuse des Planetwalzenmoduls 4 wird dabei mit dem Gehäuse des Planetwalzenmoduls 3 in der oben beschriebenen Form verspannt. Diese Verspannung bewirkt zugleich eine Verspannung des Anlaufringes, des Dispergierringes und des Stützringes.

Patentansprüche

1.

Verfahren zum Devulkanisieren von Gummi und Elastomeren, deren Molekülketten durch mechanische und thermische Belastung zerstörbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanische und thermische Belastung in einem Planetwalzenwextruder erzeugt wird, wobei der Planetwalzenextruder aus einem Gehäuse, Planetspindeln und einer Zentralspindel besteht und die Zentralspindel mit den Planetspindeln kämmt und die Planetspindeln mit einer Innenverzahnung des Gehäuses oder der Innenverzahnung einer im Gehäuse vorgesehenen Buchse kämmt, so daß eine Drehung der Zentralspindeln ein Umlaufen der Planetspindeln um die Zentralspindel im Gehäuse bewirkt, wobei die Planetspindeln eines Abschnittes mit einer Stirnfläche an einem Anlaufring dieses Abschnittes gleiten, wobei in dem Planetwalzenextruder mindestens ein Dispergierring vorgesehen ist, der den Strömungsquerschnitt für den Gummi und die Elastomere mehr reduziert als ein Anlaufring.

2.

Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Gummi und Elastomere mit einer Schwefelverbindung zwischen den Molekülen für die Dauer von 1 bis 4 min bei einer Temperatur von 200 bis 350 Grad Celsius zur Zerstörung der Molekülketten belastet werden.

3.

Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine Knetung des zu devulkanisierenden Gummis oder der zu devulkanisierenden Elastomere für die Dauer von 1,5 bis 3min .

4.

Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Knetung des zu devulkanisierenden Gummis oder der zu devulkanisierenden Elastomere bei einer Temperatur von 250 bis 300 Grad Celsius.

5.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Gummi und die Elastomere nach der Devulkanisierung auf eine Temperatur abgekühlt wird, die mindestens 10% , vorzugsweise mindestens 15% unterhalb der Devulkanisierungstemperatur liegt.

6.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Kühlers, der dem zur Devulkanisierung vorgesehenen Extruder nachgeschaltet ist.

7.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Planetwalzenextruders für die Devulkanisierung, der aus mindestens zwei Abschnitten zusammengesetzt ist, insbesondere aus drei Abschnitten zusammen gesetzt ist, wobei zwischen mindestens zwei Abschnitten ein Dispergierring vorgesehen ist, der in dem Extrudergehäuse sitzt und die Zentralspindel umfaßt.

8.

Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Dispergierring einen Innendurchmesser besitzt, der kleiner als der Durchmesser ist, auf dem die Mittelachsen der Planetenspindeln um die Zentralspindel umlaufen, wobei die Durchmesserdiffferenz mindestens 10%, vorzugsweise mindestens 20% und noch weiter bevorzugt mindestens 30% vom Teilkreisdurchmesser der Planetenspindeln ist.

9.

Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Dispergierring verwendet wird, dessen Innendurchmesser kleiner als der Außendurchmesser der Zentralspindel ist, wobei in die Zentralspindel eine Nut für den Durchtritt des extrudierten Gummis und der Elastomere vorgesehen ist, deren freier Durchtrittsquerschnitt kleiner, vorzugsweise mindestens 10% kleiner, noch weiter bevorzugt mindestens 20% kleiner als der durch die Lücken zwischen den Zähnen der Zentralspindel gebildete Durchtrittsquerschnitt ist, wenn der Innendurchmesser des dispergierringes gleich dem Außendurchmesser der Zentralspindel ist.

10.

Verfahren nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch die Verwendung eines Dispergierringes, der aus mindestens zwei Teilen, vorzugsweise aus zwei Hälften besteht, so daß der Dispergierring um die Zentralspindel herum zusammengesetzt werden kann.

11.

Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung von Extrudern, die aus mehreren Abschnitten bestehen, eine gemeinsame Zentralspindel für die verschiedenen Abschnitte vorgesehen ist, wobei die Zentralspindel über einen Motor und Getriebe angetrieben wird, wobei die Gehäuse der Extruderabschnitte nacheinander und miteinander fluchtend an dem Motorgehäuse bzw. Getriebegehäuse montiert werden und an den korrespondierenden Enden miteinander verspannt werden und wobei die Zentralspindel montiert wird, bevor der erste, in eine Nut der Zentralspindel greifende Dispergierring montiert wird, und wobei die motorseitig und getriebeseitig vor dem Dispergierring vorgesehenen Planetspindeln montiert werden, bevor der Dispergierring montiert ist, wobei der Dispergierring zwischen zwei Extrudergehäuseabschnitten positioniert wird, so daß er in die dort für ihn vorgesehene Nut in der Extruderspindel greift und beim Verspannen der Extrudergehäuse zwischen den Extrudergehäusen mit verspannt wird.

12.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein mit dem Anlaufring einteiliger Dispergierring verwendet wird.

13.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein im Verhältnis zum Anlaufring separater Dispergierring verwendet wird.

14.

Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei mehrteiligen Dispergierringen ein Stützring zur Halterung des Dispergierringes verwendet wird.

15.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, gekennzeichnet durch Verwendung eines Planetwalzenextruders, dessen Planetenspindeln mindestens teilweise aus Igelspindeln oder Noppenspindeln oder aus Transportspindeln bestehen.

16.

Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 15, gekennzeichnet durch Verwendung eines aus Abschnitten/Modulen zusammengesetzten Extruders, dessen Länge der Aufenthaltsdauer des Behandlungsgutes im Extruder angepaßt ist.

17.

Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Knetwirkung und im Extruder und die Aufenthaltsdauer durch Auswechslung von Planetenspindeln angepaßt wird.

18.

Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 17, gekennzeichnet durch Verwendung ölgekühlter Planetwalzenextruder für die Extruderabschnitte, die für die Devulkanisierung vorgesehen sind.

19.

Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 18, gekennzeichnet durch die Verwendung eines wassergekühlten Extruderabschnitts für die nach dem Devulkanisieren vorgesehene Abkühlung des Gummis und der Elastomere.

20.

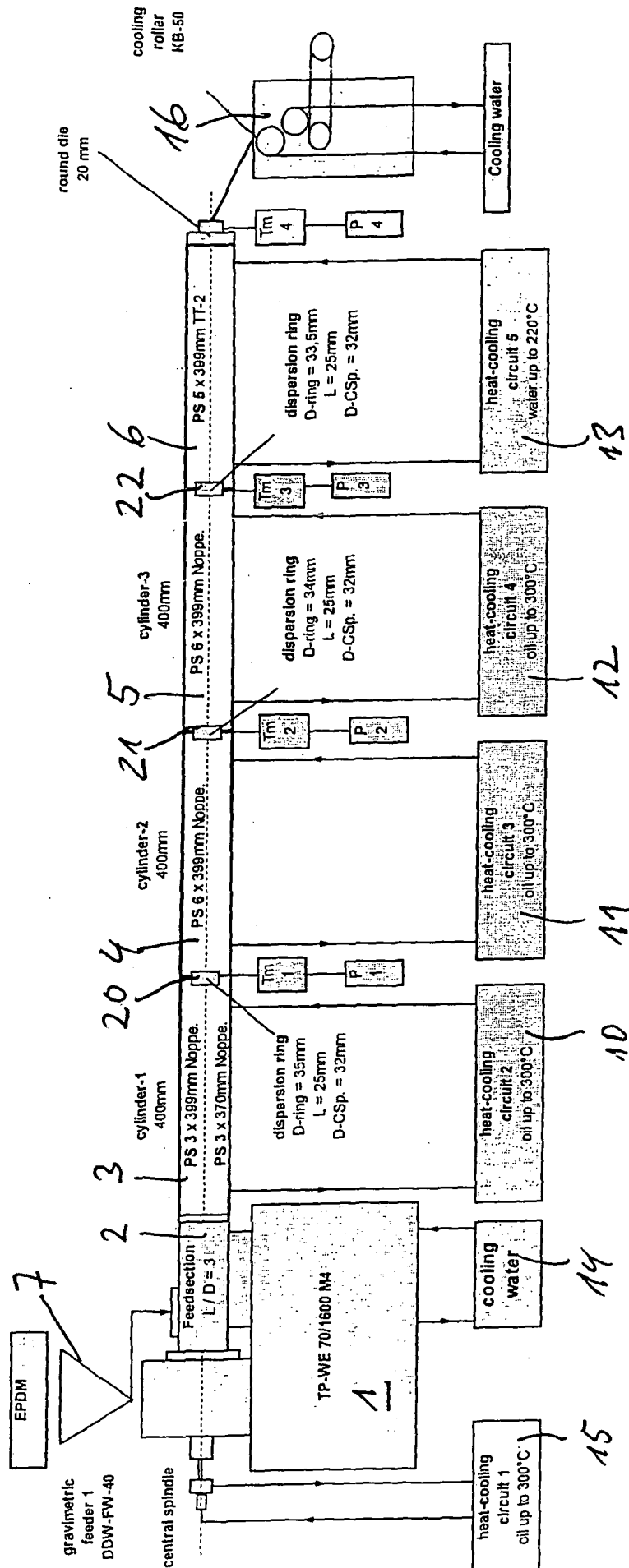
Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das zu devulkanisierende Gummi und Elastomere als Schnitzel mit einem mittleren Durchmesser von 5 bis 40mm, vorzugsweise 15 bis 30mm, in den Planetwalzenextruder eingesetzt werden.

21.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, gekennzeichnet durch die Verwendung unterschiedlich langer Planetspindeln in den Extruderabschnitten.

22.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß an den Dispergierringen Druck und Temperatur des Gummis und der Elastomere gemessen werden.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/000239

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B29C47/08 B29C47/78 B29C47/88 C08J11/10 C08J11/12 C08J11/28 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) B29C C08J 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 practical, search terms used) EPO-Internal, BEILSTEIN Data, CHEM ABS Data, 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 10 2007 026173 A1 (RHEIN CHEMIE RHEINAU GMBH [DE]) 11 December 2008 (2008-12-11) abstract; claims 1,10 paragraphs [0030], [0031], [0037] -----	1-22
A	DE 38 15 061 C1 (HERMANN BERSTORFF MASCHINENBAU GMBH) 20 April 1989 (1989-04-20) abstract; claim 1 column 2, lines 20-47 -----	1-22
☐ 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 document 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 12 April 2011		Date of mailing of the international search report 20/04/2011
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 Schütte, Maya

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/000239

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102007026173 A1	11-12-2008	NONE	

DE 3815061	C1	20-04-1989	
		EP 0340407 A2	08-11-1989
		JP 2147228 A	06-06-1990
		US 4889430 A	26-12-1989

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/000239

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B29C47/08 B29C47/78 B29C47/88 C08J11/10 C08J11/12 C08J11/28 ADD. Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC											
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B29C C08J 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, BEILSTEIN Data, CHEM ABS Data, WPI Data											
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie*</th> <th>Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile</th> <th>Betr. Anspruch Nr.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>DE 10 2007 026173 A1 (RHEIN CHEMIE RHEINAU GMBH [DE]) 11. Dezember 2008 (2008-12-11) Zusammenfassung; Ansprüche 1,10 Absätze [0030], [0031], [0037] -----</td> <td>1-22</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>DE 38 15 061 C1 (HERMANN BERSTORFF MASCHINENBAU GMBH) 20. April 1989 (1989-04-20) Zusammenfassung; Anspruch 1 Spalte 2, Zeilen 20-47 -----</td> <td>1-22</td> </tr> </tbody> </table>			Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.	A	DE 10 2007 026173 A1 (RHEIN CHEMIE RHEINAU GMBH [DE]) 11. Dezember 2008 (2008-12-11) Zusammenfassung; Ansprüche 1,10 Absätze [0030], [0031], [0037] -----	1-22	A	DE 38 15 061 C1 (HERMANN BERSTORFF MASCHINENBAU GMBH) 20. April 1989 (1989-04-20) Zusammenfassung; Anspruch 1 Spalte 2, Zeilen 20-47 -----	1-22
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.									
A	DE 10 2007 026173 A1 (RHEIN CHEMIE RHEINAU GMBH [DE]) 11. Dezember 2008 (2008-12-11) Zusammenfassung; Ansprüche 1,10 Absätze [0030], [0031], [0037] -----	1-22									
A	DE 38 15 061 C1 (HERMANN BERSTORFF MASCHINENBAU GMBH) 20. April 1989 (1989-04-20) Zusammenfassung; Anspruch 1 Spalte 2, Zeilen 20-47 -----	1-22									
☐ 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" älteres Dokument, 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 anderen 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 12. April 2011		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 20/04/2011									
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 Schütte, Maya									

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/000239

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102007026173 A1	11-12-2008	KEINE	

DE 3815061	C1	20-04-1989	EP 0340407 A2 08-11-1989
		JP 2147228 A	06-06-1990
		US 4889430 A	26-12-1989
