



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 15 359 T2** 2004.04.29

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 007 757 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 15 359.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/05293**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 910 477.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/040531**

(86) PCT-Anmeldetag: **13.03.1998**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **17.09.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.06.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **04.06.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.04.2004**

(51) Int Cl.7: **C23C 14/10**
B65D 23/08, B67C 7/00

(30) Unionspriorität:
818342 14.03.1997 US

(73) Patentinhaber:
The Coca-Cola Co., Atlanta, Ga., US

(74) Vertreter:
Abitz & Partner, 81679 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:
**PLESTER, George, B-1070 Brussels, BE; RULE,
Mark, Atlanta, US; EHRICH, Horst, D-46268
Dorsten, DE; PICKEL, Herbert, 93073
Neutraubling, DE; HUMELE, Heinz, 93107
Thalmassing, DE**

(54) Bezeichnung: **PLASTIKBEHÄLTER MIT EINER EXTERNEN GASSPERRENBESCHICHTUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft mit Druck beaufschlagte Kunststoffbehälter, die eine verbesserte Barrierenleistungsfähigkeit aufweisen, und Verfahren zur Bereitstellung der Behälter und die Schichten. Die verbesserte Barrierenleistungsfähigkeit wird durch Aufbringen von anorganischen Schichten auf die äußere Oberfläche des Behälters erhalten. Die Schichten zeigen eine verbesserte Haftung in Bezug zu Schichten nach dem Stand der Technik. Außerdem betrifft diese Erfindung auch ein Recycling von beschichteten Kunststoffbehältern und die Verpackung von Getränken in dem Behälter.

[0002] Kunststoffbehälter umfassen gegenwärtig ein großes und wachsendes Segment der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie. Kunststoffbehälter bieten eine Anzahl von Vorteilen gegenüber herkömmlichen Metall- und Glasbehältern. Sie sind leichtgewichtig, kostengünstig, unzerbrechlich, transparent und werden leicht hergestellt und gehandhabt. Jedoch weisen Kunststoffbehälter mindestens einen signifikanten Nachteil auf, der ihre allseitige Akzeptanz insbesondere in den anspruchsvolleren Nahrungsmittelanwendungen begrenzt hat. Dieser Nachteil ist, dass alle Kunststoffbehälter für Wasser, Sauerstoff, Kohlendioxid und andere Gase und Dämpfe mehr oder weniger durchlässig sind. In einer Anzahl von Anwendungen sind die Durchdringungsraten von erschwinglichen Kunststoffen groß genug, um die Gebrauchsfähigkeitsdauer des enthaltenen Nahrungsmittels oder Getränks signifikant zu begrenzen oder die Verwendung von Kunststoffbehältern gänzlich zu verhindern.

[0003] Man hat seit einiger Zeit erkannt, dass eine Behälterstruktur, die die besten Merkmale von Kunststoffbehältern und herkömmlicheren Behältern kombiniert, erhalten werden könnte, indem eine glasartige oder metallartige Lage auf einen Kunststoffbehälter und metallisierte Kunststoffbehälter aufgebracht wird. Z. B. sind metallisierte Pommes-Frites-Beutel seit einiger Zeit im Handel vertrieben worden. Jedoch ist in einer Anzahl von Anwendungen die Klarheit der Verpackung von signifikanter Wichtigkeit, und für diese Anwendungen sind metallisierte Schichten nicht akzeptabel. Es hat sich als viel schwieriger erwiesen, haltbare glasartige Schichten auf Kunststoffbehältern zu erhalten, ohne dass das Aussehen des Behälters verändert wird.

[0004] Eine Anzahl von Prozessen sind für den Zweck einer Aufbringung von glasartigen Schichten auf Kunststofffilme entwickelt worden, wo die Filme dann anschließend in flexible Kunststoffbehälter gebildet werden. Jedoch sind verhältnismäßig wenige Prozesse entwickelt worden, die die Aufbringung einer glasartigen Schicht auf einen vorgeformten verhältnismäßig starren Kunststoffbehälter ermöglichen, wie z. B. die PET-Flaschen, die gewöhnlich in den Vereinigten Staaten für kohlenstoffhaltige Getränke verwendet werden, und bisher ist kein Prozess entwi-

ckelt worden, der die Aufbringung einer glasartigen Schicht auf die äußere Oberfläche eines Kunststoffbehälters ermöglicht, die ausreichend haltbar ist, um die Wirkung einer Druckbeaufschlagung des Behälters auszuhalten, um eine verbesserte Barriere gegen Gase und Dämpfe anschließend an die Druckbeaufschlagung beizubehalten und um die Recycelbarkeit der Behälter nicht zu beeinträchtigen. Mit Druck beaufschlagte Getränkebehälter umfassen gegenwärtig weltweit einen sehr großen Markt, und gegenwärtig erschwingliche Kunststoffe weisen ausreichend hohe Durchdringungsraten auf, um die Verwendung von Kunststoffbehältern in einer Anzahl der Märkte, die versorgt werden, zu begrenzen.

[0005] Solche mit Druck beaufschlagten Behälter umfassen Kunststoffflaschen für sowohl kohlenstoffhaltige als auch kohlenstofffreie Getränke. Kunststoffflaschen sind von verschiedenen Polymeren konstruiert worden, unter denen Polyethylenterephthalat (PET) insbesondere für kohlenstoffhaltige Getränke vorherrscht, aber sämtliche von diesen Polymeren haben verschiedene Grade von Durchlässigkeit gegen Gase und Dämpfe gezeigt, die die Gebrauchsfähigkeitsdauer der in ihnen platzierten Getränke begrenzt haben. Z. B. weisen Kohlenstoffgetränkeflaschen eine Gebrauchsfähigkeitsdauer auf, die durch Verlust an CO₂ begrenzt ist. (Die Gebrauchsfähigkeitsdauer ist typischerweise als die Zeit definiert, die für einen Verlust von siebzehn Prozent der anfänglichen Carbonisierung eines Getränks benötigt wird.) Wegen der Wirkung von Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis wird die Verlustrate größer, wenn die Größe der Flasche verringert wird. Es werden kleine Behälter für viele Marktanwendungen benötigt, und dies schränkt die Verwendung von Kunststoffflaschen in solchen Fällen stark ein. Deshalb ist es wünschenswert, einen Behälter mit verbesserten Carbonisierungs-Rückhalteeigenschaften zu besitzen.

[0006] Für kohlenstofffreie Getränke treffen ähnliche Begrenzungen zu, wieder mit zunehmender Wichtigkeit, wenn die Flaschengröße verringert wird, wegen Sauerstoff- und/oder Wasserdampfdiffusion. Es sollte ersichtlich sein, dass Diffusion sowohl Einströmen als auch Ausströmen (Diffusion und Infusion) in die und aus der Flasche oder Behälter bedeutet. Der Grad an Undurchlässigkeit (hierin als "Gasbarriere" beschrieben) gegen CO₂-Diffusion und gegen die Diffusion von Sauerstoff, Wasserdampf und anderen Gasen wächst in der Wichtigkeit in Bedingungen von hoher Umgebungstemperatur. Eine äußere Schicht mit einer hohen Gasbarriere kann die Qualität von in Kunststoffflaschen verpackten Getränken verbessern und die Gebrauchsfähigkeitsdauer von solchen Flaschen erhöhen, was kleine Flaschen zu einer praktikableren Alternative macht, und dies wiederum liefert viele Vorteile bei verringerten Vertriebskosten und eine flexiblere Marketingmischung.

[0007] Einige Polymere, z. B. PET, sind auch anfäl-

lig für Spannungsrisssbildung, wenn sie mit in Flaschenbefüllungsanlagen verwendeten Flaschenfördererschmiermitteln oder Reinigungsmitteln, Lösungsmitteln und anderen Materialien in Berührung kommen. Eine solche Risssbildung wird häufig als "umgebungsbeeinflusste Spannungsrisssbildung" beschrieben und kann die Lebensdauer der Flasche durch Hervorrufen von Lecks begrenzen, die einen Sachschaden an benachbartem Gut hervorrufen können. Eine undurchlässige äußere Oberfläche für Kunststoffflaschen, welche Oberfläche gegen Spannungsrisse-induzierende Chemikalien beständig ist, einen Sachschaden an benachbartem Gut verhindert und die Gebrauchsfähigkeitsdauer von Kunststoffflaschen ausdehnt, ist in einigen Märkten äußerst wünschenswert.

[0008] Eine andere Begrenzung für die Gebrauchsfähigkeitsdauer und Getränkequalität ist häufig W-Strahlung, die den Geschmack, die Farbe und andere Getrankeigenschaften beeinträchtigen kann. Dies ist insbesondere wichtig bei Bedingungen von langandauerndem Sonnenschein. Eine äußere Schicht mit W-Absorptionseigenschaften kann die Qualität von solchen Getränken verbessern und Kunststoffflaschen unter solchen Bedingungen viel brauchbarer machen.

[0009] Es ist auch wünschenswert, dass Kunststoffbehälter, wie z. B. PET-Flaschen, recycelbar sind. Barriere-verbesserte Schichten nach dem Stand der Technik sind häufig organisch und verhältnismäßig dick und können deshalb ein Recyclingkunststoffprodukt verunreinigen. In Recyclingkunststoff eingebaute organische Beschichtungsmaterialien ergeben ungeeignete Behälter für Getränke- oder Nahrungsmittelgegenstände, weil die Getränke- oder Nahrungsmittelgegenstände das organische Beschichtungsmaterial berühren können und verunreinigt werden. Außerdem bilden verhältnismäßig dicke Schichten während eines Recycling von Kunststoffmaterial verhältnismäßig große Partikeln und können das Aussehen und die Eigenschaften eines resultierenden Recyclingkunststoffprodukts beschädigen. Insbesondere können verhältnismäßig große Schichtpartikeln in Recyclingkunststoff sonst klaren Kunststoff trüb machen. Trüber Kunststoff ist häufig für Behälter, wie z. B. Getränke- und Nahrungsmittelbehälter, unerwünscht.

[0010] Schließlich dürfen die Kosten einer Aufbringung einer Schicht auf die Außenseite einer Flasche, die eine Gasbarriere aufweist, die die Gebrauchsfähigkeitsdauer des Getränkebehälters in dieser Flasche signifikant erhöht, und/oder die einen Produktverderb eines Getränkebehälters in dieser Flasche signifikant verringert und/oder die einen Produktverderb aufgrund von W-Strahlung signifikant verringert und/oder umgebungsbeeinflusste Spannungsrisssbildung faktisch beseitigt und/oder eine spezielle Farbe liefert, keine signifikanten Kosten zur Basisverpackung hinzufügen. Dies ist ein Kriterium, das viele Prozesse für Schichten mit hoher Gasbarriere aus-

schließt, weil Kunststoffflaschen selbst ein sehr kostengünstiger Massenartikel sind. Erschwinglichkeit impliziert in der Praxis, dass die Kosten der Schicht minimal zu den Kosten der ganzen Verpackung beitragen müssen oder keine Erhöhung zu ihnen hinzufügen dürfen, und tatsächlich können die Kosten niedriger sein.

[0011] Eine Schicht auf der Außenseite von Kunststoffflaschen muss sich biegen können. Wenn Flaschen für mit Druck beaufschlagte Behälter verwendet werden, sollte sich die Schicht, immer wenn sich das Kunststoffsubstrat streckt, vorzugsweise biaxial strecken können. Außerdem ist es vorzuziehen, dass die Schicht über den größten Teil der Behälteroberfläche geschlossen ist. Eine Haftung ist im Fall von kohlenstoffhaltigen Getränken besonders wichtig, da das CO₂ in der Flasche einen gewissen oder seinen gesamten Flascheninnendruck auf die Schicht ausübt. Dieser Druck kann über 6 Bar ansteigen, wobei beträchtliche Kräfte auf die Schicht/Kunststoff-Grenzfläche ausgeübt werden. Die Schicht muss auch einem Verschleiß durch Reibung, einer normalen Handhabung, einer Bewitterung (Regen, Sonnenklima usw.) standhalten, und die Schicht muss ihre Gasbarriere während der gesamten nützlichen Lebensdauer der Flasche aufrechterhalten.

[0012] Es gibt mehrere Plasma-unterstützte Prozesse, die eine äußere anorganische Schicht auf einen Bereich von Artikeln aufbringen, der in einigen Fällen Flaschen umfasst. Viele von den Prozessen zielen darauf ab, Schichteigenschaften bereitzustellen, die ziemlich unterschiedlich und viel weniger beschwerlich sind als Flaschenschichten hoher Gasbarriere. Solche Prozesse zielen z. B. auf Abriebfestigkeit ab, wo die Schichtgeschlossenheit kein wichtiger Faktor ist, da die Schicht die mikroskopischen Zwischenräume abschirmen kann. Andere Prozesse zielen auf verschönernde oder Lichtreflektionseigenschaften ab, und einige Prozesse weisen eine reine Handhabungsschutzrolle auf. Häufig biegt sich das Substrat nicht, oder es streckt sich nicht, und der Artikel selbst ist teurer als Kunststoffflaschen, so dass Kosten kein Vorteil der Konstruktion sind. In einigen Fällen ermöglicht das Substrat viel höhere Beschichtungstemperaturen als diejenigen, die durch PET, das häufigste Kunststoffflaschenmaterial, ermöglicht werden. Solche Prozesse liefern im Allgemeinen nicht die Schichtgeschlossenheit, -haftung, -flexibilität, die für Schichten hoher Gasbarriere erforderlich sind, noch liefern sie eine Lösung für die anderen Probleme, die sich auf Schichten hoher Gasbarriere beziehen, die vorstehend beschrieben sind.

[0013] Es ist auch ein Stand der Technik für Gasbarrierenprozesse für Flaschen vorhanden, aber das Fehlen von im Handel verfügbaren beschichteten Flaschen für eine Druckanwendung ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass diesen Prozessen die wünschenswerten Eigenschaften fehlen, die vorstehend beschrieben sind, und sie keine Schicht mit einer angemessenen Haftung, Geschlossenheit

und/oder Flexibilität unter hohem Flascheninnendruck bereitstellen können oder keine Schicht, die Recyclingprobleme oder die niedrigen Kosten vermeidet, die notwendig sind, um die Schicht erschwinglich zu machen.

[0014] Das US-Patent 5,565,248 an Plester und Ehrlich beschreibt ein Verfahren zum Beschichten von Behältern im Innern. Jedoch erfordern äußere Schichten eine viel größere Haftung als innere Schichten, weil der Flascheninnendruck gegen äußere Schichten wirkt und innere Schichten nicht derselben Handhabung und/oder Abrieb bei Gebrauch ausgesetzt sind. Aus diesen und anderen Gründen unterscheidet sich ein Beschichten von Flaschen von außen von einem Beschichten von innen, und die vorliegende Erfindung ist deshalb wesentlich verschieden.

[0015] Damit Kunststoffbehälter, wie z. B. PET-Flaschen, wirtschaftlich praktikable Behälter für kommerzielle Produkte, wie z. B. Getränke und Nahrungsmittel, sind, müssen die Flaschen verhältnismäßig kostengünstig mit einer hohen Geschwindigkeit und in großer Menge hergestellt werden. Demgemäß muss ein Prozess und System zum Beschichten von Kunststoffbehältern wirtschaftlich sein und bei einer hohen Geschwindigkeit und großer Menge arbeiten können. Viele Systeme nach dem Stand der Technik zum Beschichten von Objekten mit einer Gasbarrierschicht sind Chargenprozesse oder sonst langsam und ineffizient.

[0016] Demgemäß gibt es einen Bedarf an Kunststoffbehältern, die mit einer wirkungsvollen Gasbarrierschicht beschichtet sind, effizient recycelt werden können und zur Verwendung als Behälter für in großen Stückzahlen gefertigte Gegenstände, wie z. B. Getränke und Nahrungsmittel, wirtschaftlich hergestellt werden können.

[0017] Die folgenden Veröffentlichungen betreffen Prozesse zum Beschichten von Kunststoffartikeln und betreffen den Hintergrund dieser Erfindung: Die Europäische Patentanmeldung 0535810 (Williams) offenbart ein Blutsammelrohr, das einen Kunststoffkörper umfasst, der mit einem Film auf Siliciumoxid-Basis als Gasbarriere beschichtet ist. Das Blutsammelrohr wird so beschrieben, dass es aus Polyethylenterephthalat (PET) hergestellt ist, und die Siliciumoxidschicht wird unter Verwendung einer Plasma-unterstützten chemischen Abscheidung aus der Gasphase (PECVD) aufgebracht.

[0018] Das US-Patent 4,552,791 an Hahn offenbart einen RF-Plasma-Plattierungsprozess zum Beschichten von Kunststoffbehältern mit Oxiden, wie z. B. SiO. Diese Bezugsstelle offenbart eine Abscheidung aus der Gasphase auf PET-Behältern mit SiO durch direktes Verdampfen von SiO in einer Vakuumkammer und Ablagern der SiO-Ionen auf der Behälteroberfläche. Der SiO-Dampf wird durch RF-Energie ionisiert und dann durch die Gleichstromvorspannung vorgespannt.

[0019] Die UK-Patentanmeldung GB2139647

(Stern) offenbart einen Magnetron-unterstützten Sputterprozess zum Beschichten von Kunststoffbehältern mit einer Metalloxidschicht. In diesem Prozess ionisiert eine RF-Entladung ein Inertgas, wie z. B. Argon, und die Inertgasionen werden durch das Magnetron gegen ein Festkörper-Beschichtungsmaterial, wie z. B. ein leitendes Metall, gezogen. Die Inertgasionen erodieren die Oberfläche des Metallbeschichtungsmaterials, und das erodierte Metall reagiert mit Sauerstoff und bildet ein Metalloxid, das auf der Behälteroberfläche abgelagert wird.

[0020] Die Europäische Patentanmeldung 0460796 (Deak) offenbart einen Prozess zum Beschichten von Strukturen, wie z. B. PET-Behältern, mit Siliciumdioxid und einem Metalldotierungsmittel unter Verwendung von Vakuumbeschichtungstechniken. Diese Bezugsstelle offenbart eine nichtreaktive Verdampfung oder Sputtern eines Beschichtungsmaterials, wie z. B. Siliciumdioxid, und Rekondensieren des Beschichtungsmaterials auf dem Kunststoffbehälter in einem Vakuum.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0021] Demgemäß ist es ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine äußere Schicht oder Lage für einen Behälter, wie z. B. eine wärmeempfindliche Kunststoffflasche, und insbesondere für die nicht nachfüllbaren Flaschen bereitzustellen, die für kohlenensäurehaltige Getränke verwendet werden.

[0022] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen eine Schicht und ein System und Verfahren zum Beschichten bereitzustellen, das eine äußere glasartige Schicht bereitstellen kann, die flexibel, haltbar ist und ausreichend Haftung besitzt, um den Wirkungen einer Druckbeaufschlagung, wie z. B. Biegung und Streckung des Behälters, standzuhalten und um einem Einbeulen des Behälters standzuhalten, ohne einen signifikanten Verlust von verbesserten Barriereigenschaften.

[0023] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen besteht darin, einen von außen beschichteten Behälter bereitzustellen, der eine umgebungsbeeinflusste Spannungsrissbildung vermeidet, wie z. B., wenn der Behälter mit Fördererschmiermitteln während einer Befüllung und Reinigungsmitteln, Reinigern oder Lösungsmitteln oder ähnlichen Substanzen während seiner Lebensdauer in Berührung kommt. Solche Schmiermittel können 409™, Mean Green™ oder andere im Handel erhältlichen Reiniger oder Schmiermittel usw.

[0024] umfassen.

[0025] Noch ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen besteht darin, einen leichtgewichtigeren Behälter und ein System und Verfahren zur Herstellung des Behälters bereitzustellen, wodurch eine Menge an Kunststoff, die bei Herstellung des Behälters verwendet

wird, im Vergleich zu einem herkömmlichen Behälter verringert werden kann, ohne dass die Gasbarrierenwirksamkeit des Behälters nachteilig beeinträchtigt wird oder während diese verbessert wird.

[0026] Es ist ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen, eine Schicht bereitzustellen, die eine anorganische Oxidlage auf der äußeren Oberfläche eines Kunststoffbehälters umfasst, wobei die anorganische Oxidlage weiter dadurch unterschieden ist, dass sie aus größer als oder gleich 50 und bis zu aber weniger als 100% SiO_x ($x = 1,7$ bis $2,0$) zusammengesetzt ist.

[0027] Ein anderes Ziel von mindestens den bevorzugten Formen der Erfindung besteht darin, eine Schicht bereitzustellen, die ausreichende Haftung an der äußeren Oberfläche des Kunststoffbehälters besitzt, so dass die Barrierenverstärkung, die durch die anorganische Oxidlage geliefert wird, bei Druckbeaufschlagung des Behälters auf einen Druck von zwischen 1 (0,069 Bar) und 100 psig (6,9 Bar) nicht wesentlich verringert wird.

[0028] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen besteht darin, ein Verfahren zur Aufbringung einer anorganischen Lage bereitzustellen, wie vorstehend beschrieben, wobei das Verfahren zu einer robusten anorganischen Oxidlage führt, die dem Kunststoffbehälter ein wirkungsvolles Niveau einer Barrierenverstärkung zur Verfügung stellt und nicht zu einer signifikanten körperlichen Deformation des Behälters führt. Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen, ein System und Verfahren zur Herstellung eines Behälters bereitzustellen, wodurch die ästhetische Anziehungskraft des Behälters verbessert wird, indem eine gefärbte anorganische Schicht aufgebracht wird, die weiter im Sichtbaren absorbierende Arten enthält.

[0029] Noch ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen besteht darin, eine Schicht mit UV-Absorptionsvermögen für einen Behälter bereitzustellen.

[0030] Noch ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen ist es, einen Behälter mit einer gefärbten oder klaren Schicht bereitzustellen, die leicht recycelt werden kann, ohne signifikante oder abnorme Komplikationen für vorhandene Recyclingsysteme.

[0031] Ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen besteht darin, ein System und Verfahren zum kostengünstigen Herstellen eines von außen beschichteten Behälters mit hoher Geschwindigkeit und in großer Menge bereitzustellen.

[0032] Noch ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen ist es, ein Verfahren bereitzustellen, bei dem die Dicke und Zusammensetzung der aufgetragenen Schicht auf einen Behälter schnell und leicht bestimmt werden kann und wodurch eine Prozesssteuerung und Garantie einer verbesserten Barriereleistungsfähig-

keit erhalten werden kann.

[0033] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen besteht darin, ein Verfahren bereitzustellen, um den Zustand der Oberfläche eines Kunststoffbehälters mindestens im Hinblick auf ihre Eignung zur Aufbringung von glasartigen Schichten zu bestimmen.

[0034] Ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine hohe Gasbarriere bereitzustellen, die die Gebrauchsfähigkeitsdauer der Behälter, wie z. B. Kunststoffflaschen, mindestens in einer bevorzugten Form beträchtlich erhöht, und die Behälter mit einer guten Transparenz zu versehen, so dass das Aussehen einer klaren Kunststoffflasche nicht beeinträchtigt wird.

[0035] Noch ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen ist es, einen Behälter mit einer angemessenen Haltbarkeit und Haftung während einer Gebrauchsdauer bereitzustellen, wenn die äußere Oberfläche des Behälters Umgebungsbedingungen ausgesetzt ist, wie z. B. rauher Witterung, Scheuern, Verschleiß durch Reibung oder Abrieb (z. B. während eines Transports).

[0036] Auch umfasst ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen das Vermögen, um ein Beschichten auf wärmeempfindlichen Kunststoffbehältern mit Beschichtungsmaterialien zu ermöglichen, die nur bei sehr hohen Temperaturen verdampft werden können, ohne eine akzeptable Zunahme in der Temperatur des Kunststoffs und die in vielen Fällen unter 60°C bleiben muss.

[0037] Das Vorhergehende und andere Ziele dieser Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen können erreicht werden, indem man einen beschichteten Kunststoffbehälter bereitstellt, der einen Kunststoffbehälterkörper mit einer äußeren Oberfläche und einer Schicht auf der äußeren Oberfläche des Behälterkörpers umfasst, die ein anorganisches Oxid und ein glasbildendes Metallzusatzmittel umfasst, wobei der beschichtete Kunststoffbehälter, wenn er ein Druckfluid enthält, das im Innenraum des Behälterkörpers bei einem Druck von 60 psig (4,1 Bar) abgedichtet ist, eine Gasbarriere von mindestens $1,25\times$ der Gasbarriere des Behälters ohne die Schicht besitzt, wenn der Behälter ohne die Schicht ein Druckfluid enthält, das im Innenraum bei einem Druck von 60 psig (4,1 Bar) abgedichtet ist. Diese Erfindung umfasst auch ein Verfahren und System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters, der eine Gasbarriere besitzt, als eine bevorzugte Ausführungsform, ein Verfahren zum Recycling von beschichteten Kunststoffbehältern und ein Verfahren und System zum Verpacken von Getränken, die in Kunststoffbehältern, die eine Gasbarrierschicht umfassen, abgedichtet sind.

[0038] Genauer gesagt, wird der beschichtete Kunststoffbehälter dieser Erfindung hergestellt, indem die Schicht auf der äußeren Oberfläche des Be-

hälterkörpers unter Verwendung von Vakuumabscheidung aus der Gasphase, wünschenswerterweise Plasma-unterstützte Vakuumabscheidung aus der Gasphase, abgelagert wird. Die resultierende Schicht ist wünschenswerterweise im Wesentlichen homogen und amorph und entweder chemisch oder physikalisch oder beides an der äußeren Oberfläche des Behälters gebunden. Wie hierin verwendet, bedeutet der Begriff homogen, dass es keine wesentliche Variation in der atomaren Zusammensetzung durch die Schicht gibt, und der Begriff amorph bedeutet, dass es keine wesentliche Kristallinität in der Schicht gibt, wie durch Standard-Röntgenstrahlbeugungstechniken gemessen. Außerdem sind das anorganische Oxid und glasbildende Metallzusatzmittel vorzugsweise in der Schicht in Konzentrationen vorhanden, die im Wesentlichen durch die Dicke der Schicht konstant sind. Die resultierende Schicht ist deshalb sehr haltbar.

[0039] Wegen des hohen Niveaus von Haftung der anorganischen Schicht an der Oberfläche des Kunststoffbehälters der vorliegenden Erfindung ist eine geschlossene Schicht nicht wesentlich. Mit anderen Worten haftet, selbst wenn die Schicht der vorliegenden Erfindung wegen z. B. Kratzstellen oder Brüchen darin nicht geschlossen sein mag, die Schicht weiter wirkungsvoll am Substrat an, wie z. B. einer darunterliegenden Kunststoffflasche. Die vorliegende Erfindung kann deshalb eine wirkungsvolle Gasbarriere bereitstellen, selbst wenn die Oberfläche in hohem Maße mit Brüchen versehen ist. Eine hohe Gasbarriere von 1,25× größer als der unbeschichtete Behälter kann mit der vorliegenden Erfindung erhalten werden, und diese Barriere kann selbst 1,5× oder vorzugsweise 2× größer sein als der unbeschichtete Behälter, selbst wenn der beschichtete Behälter ein Druckfluid enthält, wie z. B. ein kohlenstoffhaltiges Getränk. Zusätzlich weist der beschichtete Behälter dieser Erfindung eine verbesserte Beständigkeit gegen umgebungsbeeinflusste Spannungsrissbildung auf, selbst wenn der Behälter ein Druckfluid enthält.

[0040] Außerdem kann der beschichtete Behälter der vorliegenden Erfindung so gefertigt werden, dass er eine äquivalente Gasbarriere und ein verringertes Gewicht, verglichen mit einem Kunststoffbehälter von ähnlicher Mantelfläche und Volumen und ohne die äußere anorganische Schicht, aufweist.

[0041] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters, der eine Gasbarriere besitzt, bereitgestellt, wobei das System umfasst:

eine Vakuumkammer, die ein Vakuum in der Vakuumkammer aufrechterhalten kann;
eine Behälterzufuhrvorrichtung zur Zufuhr von Kunststoffbehälterkörpern in die und Herausnahme von beschichteten Kunststoffbehältern aus der Vakuumkammer, wobei die Kunststoffbehälterkörper jeweils eine äußere Oberfläche und eine innere Oberfläche aufweisen, die einen Innenraum definieren; einen

Förderer in der Vakuumkammer zum Fördern der Kunststoffbehälterkörper durch die Vakuumkammer; und

mindestens eine Quelle, die in der Vakuumkammer angeordnet ist, zur Zufuhr eines Beschichtungsdampfs zur äußeren Oberfläche der Behälterkörper, wenn die Behälterkörper durch die Vakuumkammer gefördert werden, wobei die mindestens eine Quelle von Beschichtungsdampf einen Verdampfer zum Erhitzen und Verdampfen eines anorganischen Beschichtungsmaterials umfasst, um den Beschichtungsdampf zu bilden;

eine Gaszufuhr zur Zufuhr von mindestens einem reaktiven Gas zu einem Inneren der Vakuumkammer; wobei die mindestens eine Quelle von Beschichtungsdampf und der Förderer so in der Vakuumkammer strukturiert und angeordnet sind, dass (a) der Beschichtungsdampf von der mindestens einen Quelle mit dem reaktiven Gas reagiert und eine dünne Schicht auf der äußeren Oberfläche der Behälter abgelagert, (b) die dünne Schicht eine anorganische Verbindung umfasst und sich an der äußeren Oberfläche der Behälterkörper bindet und (c) die resultierenden beschichteten Kunststoffbehälter, wenn sie ein Druckfluid enthalten, das im Innenraum bei einem Druck von 60 psig (4,1 Bar) abgedichtet ist, eine Gasbarriere von mindestens 1,25× der Gasbarriere der Behälter ohne die Schicht besitzen, wenn die Behälter ohne die Schicht ein Druckfluid enthalten, das im Innenraum bei einem Druck von 60 psig (4,1 Bar) abgedichtet ist.

[0042] Die dünne Schicht kann ein anorganisches Oxid und ein glasbildendes Metallzusatzmittel umfassen.

[0043] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters, der eine Gasbarriere besitzt, bereitgestellt, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

[0044] Zuführen von Kunststoffbehälterkörpern in eine Vakuumkammer, während die Vakuumkammer ein Vakuum in der Vakuumkammer aufrechterhält, wobei die Kunststoffbehälterkörper jeweils eine äußere Oberfläche und eine innere Oberfläche, die einen Innenraum definieren, aufweisen;

Fördern der Kunststoffbehälterkörper durch die Vakuumkammer;

Zuführen eines reaktiven Gases in die Vakuumkammer;

Erhitzen und Verdampfen eines anorganischen Beschichtungsmaterials mit einem Verdampfer, der in der Vakuumkammer angeordnet ist, um einen Beschichtungsdampf zu bilden; und

Herausnehmen der beschichteten Kunststoffbehälter aus der Vakuumkammer;

wobei die Schritte eines Förderns der Behälterkörper und Bildens des Beschichtungsdampfs so durchgeführt werden, dass, wenn die Behälterkörper durch die Vakuumkammer gefördert werden, der Beschichtungsdampf mit dem reaktiven Gas reagiert und eine

dünne Schicht auf der äußeren Oberfläche der Behälter ablagert, (b) die dünne Schicht eine anorganische Verbindung enthält und sich an die äußere Oberfläche der Behälterkörper bindet und (c) die resultierenden beschichteten Kunststoffbehälter, wenn sie ein Druckfluid enthalten, das im Innenraum bei einem Druck von 60 psig (4,1 Bar) abgedichtet ist, eine Gasbarriere von mindestens 1,25× der Gasbarriere der Behälter ohne die Schicht besitzen, wenn die Behälter ohne die Schicht ein Druckfluid enthalten, dass im Innenraum bei einem Druck von 60 psig (4,1 Bar) abgedichtet ist.

[0045] Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters, der eine Gasbarriere besitzt, bereitgestellt, wobei das System umfasst:

eine Vakuumkammer, die ein Vakuum in der Vakuumkammer aufrechterhalten kann;

eine Behälterzufuhrvorrichtung zur Zufuhr von Kunststoffbehälterkörpern in die und Herausnahme von beschichteten Kunststoffbehältern aus der Vakuumkammer, wobei die Kunststoffbehälterkörper jeweils eine äußere Oberfläche und eine innere Oberfläche, die einen Innenraum definiert, aufweisen;

einen Förderer in der Vakuumkammer zum Fördern der Kunststoffbehälterkörper durch die Vakuumkammer; und

mindestens eine Quelle, die in der Vakuumkammer angeordnet ist, zum Zuführen eines Beschichtungsdampfs zur äußeren Oberfläche der Behälterkörper, wenn die Behälterkörper durch die Vakuumkammer gefördert werden, wobei die mindestens eine Quelle von Beschichtungsdampf einen Verdampfer zum Erhitzen und Verdampfen eines Metallbeschichtungsmaterials umfasst, um den Beschichtungsdampf zu bilden;

die mindestens eine Quelle von Beschichtungsdampf und der Förderer so in der Vakuumkammer strukturiert und angeordnet sind, dass der Beschichtungsdampf von der mindestens einen Quelle eine dünne Schicht auf der äußeren Oberfläche der Behälter ablagert, die dünne Schicht ein Metall umfasst und sich an der äußeren Oberfläche der Behälterkörper bindet und die resultierenden beschichteten Kunststoffbehälter, wenn sie ein Druckfluid enthalten, das im Innenraum bei einem Druck von 60 psig (4,1 Bar) abgedichtet ist, eine Gasbarriere von mindestens 1,25× der Gasbarriere der Behälter ohne die Schicht besitzen, wenn die Behälter ohne die Schicht ein Druckfluid enthalten, das im Innenraum bei einem Druck von 60 psig (4,1 Bar) abgedichtet ist.

[0046] Vorzugsweise sind das System und Verfahren zur Herstellung von beschichteten Kunststoffbehältern dieser Erfindung kontinuierlich und können mit einer hohen Geschwindigkeit und großen Menge arbeiten, um die beschichteten Behälter in großen Stückzahlen wirtschaftlich zu fertigen. Bevorzugter führt im System und Verfahren zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters dieser Erfindung,

während die Vakuumkammer ein Vakuum in der Vakuumkammer aufrechterhält, die Behälterzufuhrvorrichtung die Behälterkörper kontinuierlich von außerhalb der Vakuumkammer in die Vakuumkammer zum Förderer zu, fördert der Förderer kontinuierlich die Behälterkörper durch die Vakuumkammer vorbei an der mindestens einen Quelle und führt die Behälterzufuhrvorrichtung kontinuierlich die beschichteten Behälter von den Förderern zu und nimmt die beschichteten Behälter aus der Vakuumkammer heraus. Vorzugsweise sind dieses System und Verfahren automatisch. Die Behälterzufuhrvorrichtung in dem System und Verfahren dieser Erfindung ist wünschenswerterweise ein Drehzufuhrvorrichtungssystem, das Behälterkörper kontinuierlich und automatisch in die Vakuumkammer und aus ihr heraus mit einer hohen Geschwindigkeit und bei einer großen Menge zuführen kann, während die Vakuumkammer ihr Vakuum aufrechterhält. Dieser Hochgeschwindigkeitsprozess ermöglicht, dass das System und Verfahren eines Beschichtens von Kunststoffbehältern in einem Hochgeschwindigkeitsmassenproduktionsprozess, wie z. B. einer Getränkeverpackungsstraße, platziert wird.

[0047] Der in der Vakuumkammer erzeugte Beschichtungsdampf liegt wünschenswerterweise in der Form eines Plasmas vor. Eine geeignete Vorrichtung zur Erzeugung des Plasmas ist eine kalte Kathode, die auch als Elektronenkanone bekannt ist. Das Plasma kann fakultativ mit einer oder mehreren Antennen mit Energie beaufschlagt werden, die in der Vakuumkammer angeordnet sind, wobei RF (Radiofrequenz)- oder HF (Hochfrequenz)-Energie verwendet wird, um ein Hochenergieplasma zu bilden.

[0048] Obwohl die verschiedensten verdampfbaren Materialien verwendet werden können, um die anorganische Oxidschicht zu bilden, gemäß dieser Erfindung, wie in größerer Einzelheit nachstehend erklärt, umfasst die anorganische Oxidschicht wünschenswerterweise Siliciumdioxid und glasbildende Metallzusatzmittel, wie z. B. Zink, Kupfer oder Magnesium.

[0049] Das Beschichtungsverfahren und -system dieser Erfindung ermöglicht auch, dass wärmeempfindliche Behälter ohne signifikante Temperaturzunahme beschichtet werden und eine Flaschentemperatur immer deutlich unter 60°C gehalten wird. Außerdem ermöglicht das Beschichtungsverfahren und -system dieser Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen, dass Mischungen und Lagen von Substanzen aufgebracht werden, die wegen ihrer Farbe oder UV-Absorptionseigenschaften oder zusätzlichen Gasbarriereigenschaften ausgewählt werden können. Weiter ermöglicht das Verfahren und System dieser Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen Schichten, wie z. B. Siliciumdioxid, die voll transparent und klar sind und deshalb das Aussehen einer sonst klaren Flasche nicht beeinträchtigen würden. Die Beschichtungsmaterialien sind inert und bleiben fest, wenn die Kunststoffflasche zum Recycling geschmolzen wird.

[0050] Eine zusätzliche Funktionalität kann in die anorganische Schicht dieser Erfindung eingebaut werden, indem man im Sichtbaren absorbierende Arten einbaut, die den Kunststoffbehälter verschönern.

[0051] Das Verfahren einer bevorzugten Ausführungsform dieser Erfindung zur Herstellung von Kunststoff mit Recyclinganteil umfasst die Schritte: Bereitstellen einer Charge Kunststoff, wobei mindestens ein Teil der Charge Kunststoff beschichtete Kunststoffbehälter umfasst, und Umwandeln der Charge Kunststoff in eine Form, die zur Schmelzextrusion geeignet ist. Jeder beschichtete Kunststoffbehälter umfasst einen Behälterkörper mit einer äußeren Oberfläche und einer Schicht auf der äußeren Oberfläche, die ein anorganisches Oxid umfasst. Die beschichteten Kunststoffbehälter können durch das vorstehend beschriebene Verfahren hergestellt werden und weisen wünschenswerterweise eine sehr dünne anorganische Oxidschicht auf. Die Schicht weist vorzugsweise eine Dicke von etwa 1 bis etwa 100 nm auf.

[0052] Geeignete Verfahren zum Umwandeln der Charge Kunststoff in eine Form, die zur Schmelzextrusion geeignet ist, umfassen Zerkleinern der Charge Kunststoff, um Schnitzel zu erzeugen, und Schmelzen der Schnitzel, um einen schmelzextrudierbaren Recyclingkunststoff zu bilden. Alternativ kann die Charge Kunststoff depolymerisiert und repolymerisiert werden, um einen schmelzextrudierbaren Recyclingkunststoff zu bilden. Der Recyclingkunststoff kann in Kunststoffartikel, wie z. B. Kunststoffbehälter mit Recyclinganteil, schmelzextrudiert werden.

[0053] Wegen der inerten Beschaffenheit und Düntheit der Schichten der vorliegenden Erfindung können die beschichteten Behälter in einem beliebigen herkömmlichen Recyclingsystem verarbeitet werden, ohne dass der Prozess modifiziert wird. Außerdem wird eine Trübheit in den resultierenden Recyclingartikeln in der vorliegenden Erfindung vermieden, weil die Schicht verhältnismäßig kleine Partikeln während des Recycling bildet. Weiter sind die Schichtpartikeln im Recyclingkunststoff für Nahrungsmittelberührung akzeptabel und beeinflussen deshalb die Recyclingbemühung bei Zerkleinerung oder Depolymerisierung im Recyclingprozess nicht nachteilig.

[0054] Das Recyclingverfahren der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen stellt ein Verfahren zum Recycling von beschichtetem Kunststoff bereit, das Ergebnisse aufweist, die bisher unerreichbar waren. Insbesondere ist eine Separation von beschichteten und unbeschichteten Kunststoffen nicht notwendig, wodurch Modifikationen an vorhandenen Recyclingsystemen unnötig sind oder wodurch Extraprozessschritte (Separieren von beschichteten Flaschen von unbeschichteten Flaschen) vermieden werden können. Außerdem ist es möglich, einen transparenten Kunststoff von beschichtetem Kunststoff zu erzeugen, während das vorstehend angegebene Problem einer Trübheit im

Endrecyclingprodukt vermieden wird. Obwohl die vorliegende Erfindung beim Recycling von vielen Typen von Kunststoff verwendet werden kann, wird es in Erwägung gezogen, dass diese Erfindung bei Kunststoffartikeln, wie z. B. Behältern oder Flaschen, und spezieller bei Kunststoffgetränkeflaschen verwendet werden kann. Ein Flasche-zu-Flasche-Recycling bleibt mit der vorliegenden Erfindung unbeeinträchtigt. Die Schicht der vorliegenden Erfindung tritt nicht in Konflikt mit dem stromabwärts vorhandenen Spritzgussverfahren oder Blasformverfahren von Recyclingkunststoff.

[0055] Das Verfahren zum Verpacken eines Getränks gemäß dieser Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen umfasst die Schritte: Bereitstellen eines beschichteten Kunststoffbehälters, Befüllen des Kunststoffbehälters mit dem Getränk und Abdichten des Kunststoffbehälters nach dem Schritt einer Befüllung. Der beschichtete Kunststoffbehälter umfasst einen Kunststoffbehälterkörper mit einer äußeren Oberfläche und einer Schicht auf der äußeren Oberfläche, die vorzugsweise ein anorganisches Oxid umfasst. Diese Schicht liefert eine Gasbarriere und ist wünschenswerterweise die vorstehend beschriebene Schicht. Die Gasbarrierschicht hemmt den Gasstrom in den und aus dem Behälter. Beispielsweise kann die Gasbarrierschicht das Getränk gegen den Sauerstoffstrom von der Außenseite in den Behälter schützen oder kann den Kohlendioxidstrom aus dem Getränkebehälter hemmen. Das Verfahren und System zum Verpacken eines Getränks gemäß dieser Erfindung in ihren bevorzugten Formen ist besonders nützlich beim Herstellen von kohlen säurehaltigen Getränken. Ein solches Verfahren umfasst vorzugsweise weiter die Schritte: Carbonisieren des Getränks vor dem Befüllungsschritt und dann Abdichten des Getränks unter Druck im beschichteten Behälter. Das resultierende kohlen säurehaltige Getränk weist eine längere Gebrauchsdauer auf, weil die Schicht auf dem Behälter das Kohlendioxid besser im Behälter hält.

[0056] Das Verfahren und System zum Verpacken eines Getränks gemäß dieser Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen ist wünschenswerterweise ein Hochgeschwindigkeitsprozess für große Mengen, bei dem die beschichteten Kunststoffbehälter kontinuierlich bereitgestellt werden, die Mehrzahl von Kunststoffbehältern kontinuierlich mit dem Getränk befüllt werden und die befüllten Behälter kontinuierlich abgedichtet werden. Demgemäß kann das Verfahren und System zum Verpacken eines Getränks eine einzige kontinuierliche Verarbeitungsstraße bilden, einschließlich der Kunststoffbehälterkörperproduktion, dem Prozess zum Beschichten des Kunststoffbehälters und der Schritte: Befüllen der Kunststoffbehälter mit einem Getränk und Abdichten des Kunststoffbehälters nach dem Schritt eines Befüllens, obwohl eine solche einzelne kontinuierliche Verarbeitungsstraße nicht notwendig ist.

[0057] Ein weiterer Bereich einer Anwendbarkeit

der vorliegenden Erfindung wird aus der detaillierten Beschreibung, die nachstehend gegeben wird, ersichtlich. Jedoch versteht es sich, dass die detaillierte Beschreibung und die speziellen Beispiele, obwohl sie bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung anzeigen, nur zwecks Veranschaulichung gegeben werden, da verschiedene Änderungen und Modifikationen im Bereich der Erfindung Fachleuten aus dieser ausführlichen Beschreibung ersichtlich werden.

[0058] Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden aus der detaillierten Beschreibung, die nachstehend gegeben wird, und den beigefügten Zeichnungen, die nur zwecks Veranschaulichung gegeben werden und folglich für die vorliegende Erfindung nicht beschränkend sind, leichter verstanden.

[0059] **Fig. 1** ist eine teilweise schematische Veranschaulichung eines Systems zum Beschichten von Kunststoffbehältern gemäß einer ersten Ausführungsform dieser Erfindung, wobei Vorspannungsenergie verwendet wird;

[0060] **Fig. 1A** ist eine teilweise schematische Veranschaulichung, die das Aufnahmebehältnis **3** und ein Ergänzungsaufnahmebehältnis darstellt, die auf einem Träger **19** positioniert sind, die in der in **Fig. 1** veranschaulichten Ausführungsform nützlich sind;

[0061] **Fig. 1B** ist eine teilweise schematische Veranschaulichung eines **Fig. 1** ähnelnden Beschichtungssystems, die aber eine modifizierte Form der Beschichtungskammer darstellt, gemäß einer anderen Ausführungsform dieser Erfindung;

[0062] **Fig. 2A** ist eine Aufrissansicht einer Flascheninnenantennen- und Flaschenverschleiß-Anordnung vor Einsetzung der Antenne;

[0063] **Fig. 2B** ist eine Querschnittsansicht der Flascheninnenantennen- und Flaschenverschleiß-Anordnung von **Fig. 2A** nach Einsetzung der Antenne;

[0064] **Fig. 2C** ist eine Querschnittsansicht, die eine modifizierte Form einer Flascheninnenantenne vor Einsetzung darstellt;

[0065] **Fig. 2D** ist eine Querschnittsansicht, die **Fig. 2C** ähnelt, nach Einsetzung der Flascheninnenantenne;

[0066] **Fig. 3** ist eine schematische Veranschaulichung eines Beschichtungssystems gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die Vorspannungsenergie verwendet;

[0067] **Fig. 4** ist eine schematische Veranschaulichung der Handhabung von Flaschen, Haltevorrichtungen, Verschlüssen, Antennen, Luftverdrängungskragen der vorliegenden Erfindung;

[0068] **Fig. 5A** ist eine teilweise Aufrissansicht eines Systems zum Fördern von Flaschen, zuerst vertikal, dann horizontal, während die Flaschen kontinuierlich gedreht werden;

[0069] **Fig. 5B** ist eine Schnittansicht der Flaschenstange, aufgenommen entlang der Linie V-V von **Fig. 5A**;

[0070] **Fig. 6A** ist eine schematische Veranschaulichung von Flaschen, die sich an Plasmaerzeugungs-

und Beschichtungsquellen vorbeibewegen;

[0071] **Fig. 6B** ist eine Seitenschnittansicht, aufgenommen entlang der Linie VI-VI von **Fig. 6A**;

[0072] **Fig. 7** ist eine grafische Darstellung, die Verbesserungen beim Gasbarrierenfaktor mit zunehmendem Gehalt an Zn oder Cu darstellt; die **Fig. 8A** und **8B** sind eine teilweise Draufsicht auf ein Hochgeschwindigkeitskunststoffbehälterbeschichtungssystem für große Mengen gemäß noch einer anderen Ausführungsform dieser Erfindung, wobei das Innere der Behälterzufuhrvorrichtung und Vakuumkammer freiliegen;

[0073] **Fig. 9A** und **9B** sind eine teilweise Seitenaufrissansicht des Beschichtungssystems, das in den **Fig. 8A** und **8B** veranschaulicht ist, wobei die Verdampfer und das Innere der Behälterkörperzufuhrvorrichtung freiliegen. Der Förderer ist in den **Fig. 9A** und **9B** nicht dargestellt;

[0074] **Fig. 10** ist eine teilweise Endaufrissansicht, die das Innere der Vakuumkammer freilegt;

[0075] **Fig. 11** ist eine teilweise Draufsicht auf das Vakuumkammergehäusedurchlasstor und das Zufuhrrohr des Beschichtungssystems, die in den **Fig. 8A** und **8B** veranschaulicht sind;

[0076] **Fig. 12** ist eine teilweise Schnittaufrissansicht des Vakuumkammergehäusedurchlasstors und des Zufuhrrohrs, die in **Fig. 11** veranschaulicht sind;

[0077] **Fig. 13** ist eine teilweise Schnittaufrissansicht einer Behälterkörperzufuhrvorrichtung, die einen Teil des Beschichtungssystems bildet, das in den **Fig. 8A** und **8B** veranschaulicht ist;

[0078] **Fig. 14** ist eine teilweise Draufsicht auf die Behälterkörperzufuhrvorrichtung, die in **Fig. 13** veranschaulicht ist;

[0079] **Fig. 15** ist ein Flussdiagramm, das die Schritte eines physikalischen Recycling veranschaulicht; und

[0080] **Fig. 16** ist ein Flussdiagramm, das die Schritte eines chemischen Recycling veranschaulicht.

[0081] Schichten mit guter Haftung an einer Oberfläche eines Behälters, guten Gasbarrieren und die die notwendige Streckbarkeit und Flexibilität bereitstellen, können durch die Verfahren und Systeme der vorliegenden Erfindung erzeugt werden. Überall in der vorliegenden Beschreibung wird ein Behälter oder eine Flasche beschrieben. Auf einen unbeschichteten Behälter wird als ein Behälterkörper Bezug genommen. Während dieser Behälterkörper im Allgemeinen mit Bezug auf eine Kunststoffflasche beschrieben wird, kann ein beliebiger geeigneter Behälter durch das Verfahren und System der vorliegenden Erfindung behandelt werden. Demgemäß können Flaschen alkoholfreier Getränke von unterschiedlichen Größen, andere Nahrungsmittelbehälter oder beliebige andere geeignete Behälter behandelt werden, indem das offenbarte Verfahren und System verwendet wird.

BESCHICHTUNGSSYSTEME UNTER VERWEN-
DUNG VON VORSPANNUNGSENERGIE

Beschichtungssystem

[0082] **Fig. 1** stellt eine Quelle **1** dar, die als ein typisches Verdampfungs- und Plasmaerzeugungssystem für diese vorliegende Erfindung verwendet wird. Eine herkömmliche wassergekühlte kalte Kathode oder Elektronenkanone **2** wird verwendet, um Energie zu einem herkömmlichen Aufnahmebehältnis **3** zu transportieren, das das Beschichtungsmaterial **4** enthält. Dieses Aufnahmebehältnis **3** ist aus einem Material konstruiert, das zum Schmelzen und Verdampfen des speziellen gewählten Beschichtungsmaterials geeignet ist, und muss sowohl inert als auch beständig gegen die Temperatur sein, die notwendig ist, um die erforderlichen Mengen an Dampf zu erzeugen. Z. B. hat man gefunden, dass zum Verdampfen von Silicium Kohlenstoff ein geeignetes Material ist. Das Aufnahmebehältnis **3** wird von einer Aufnahmebehältnishaltevorrichtung **5** getragen, die wassergekühlt oder durch andere Verfahren gekühlt ist.

[0083] Ein Potenzial ist über die kalte Kathode **2** und das Aufnahmebehältnis **3** angeschlossen, wobei sich die kalte Kathode am negativen (Kathoden-) Pol befindet und sich das Aufnahmebehältnis am positiven (Anoden-) Pol befindet, so dass Energie in der Form eines Stroms von Elektronen zwischen der kalten Kathode und dem Aufnahmebehältnis fließen kann. Indem man diese herkömmlichen Bauteile (d. h. die kalte Kathode oder Elektronenkanone **2** und das Aufnahmebehältnis **3**) verwendet und indem man die Position der kalten Kathode **2** in Bezug zur horizontalen Oberfläche des Aufnahmebehältnisses **3** variiert, kann das Verhältnis von Energie, die zur Plasmaerzeugung und Verdampfung verfügbar ist, eingestellt werden. Z. B. ist in der Position A ein großer Teil der Energie zur Plasmaerzeugung verfügbar, während in der Position B nahezu alle Energie zur Verdampfung verwendet wird und fast kein Plasma gebildet wird. Das Maß an Energie zur Quelle **1** wird durch die Spannung V eingestellt, um die spezielle Ablagerungsrate auf der äußeren Flaschenoberfläche **6** zu liefern, was ermöglicht, dass das Beschichtungsmaterial **4** nach Verdampfung abgelagert wird und vollständig (d. h. stöchiometrisch) mit der gasförmigen Substanz **7** (oder Mischung von Substanzen), die in die Beschichtungskammer **8** eingeführt wird, reagiert, wodurch sichergestellt ist, dass keine signifikanten Mengen an unreaktiertem Gas in der Schicht **9** okkludiert werden können. Z. B. können in einer von den bevorzugten Ausführungsformen, die Silicium als Beschichtungsfestkörper **4** und Sauerstoff als gasförmige Substanz **7** verwendet, Ablagerungsrate auf der Beschichtungsoberfläche von 1 bis 50 nm/s volltransparente Schichten mit faktisch $x = 2$ in SiO_x ergeben, während überschüssiger Sauerstoff (oder Luft) vermieden wird und ein Hochvakuum in

der Beschichtungskammer aufrechterhalten wird (im Bereich von 10^{-5} mBar bis 10^{-2} mBar).

[0084] Zur Erzeugung von guten Gasbarrierenergebnissen ist es vorteilhaft, sicherzustellen, dass eine Reaktion auf der Oberfläche zwischen dem Beschichtungsmaterial **4** und der gasförmigen Substanz **7** stattfindet, nachdem das Beschichtungsmaterial **4** abgelagert worden ist und ein Festkörpergitter gebildet hat, da die gasförmige Substanz **7** dann die Schicht **9** verdichtet, indem sie im Festkörpergitter reagiert. Der Abstand H zwischen einer Oberfläche **6** eines Behälterkörpers **10** und dem Aufnahmebehältnis **3** ist wichtig, wenn das Beschichtungsmaterial **4** umgangen wird, das mit der gasförmigen Substanz **7** reagiert, bevor das Beschichtungsmaterial **4** auf der Behälteroberfläche **6** abgelagert ist. Ebenso ist der Zustand des Beschichtungsmaterials **4** wichtig, um eine maximale Reaktion auf der Oberfläche sicherzustellen. Ein Abstand H wird so gewählt, dass sich eine optimale Verwendung der Quelle **1** ergibt (wodurch ermöglicht wird, dass sie möglichst viele Flaschen **10** beschichtet). Der Abstand H hängt vom Vakuum und der Ablagerungsrate ab, liegt aber im Allgemeinen im Bereich 0,50 m bis 2 m. Auch ermöglicht eine Zunahme des Abstands H in den beschriebenen Grenzen, dass Hochenergieplasmen an der Quelle **1** erzeugt werden, ohne dass der Behälterkörper **10** wärmebeschädigt wird.

[0085] Das in der Vakuumkammer erzeugte Plasma kann ein Hochenergieplasma sein, das durch die Position der kalten Kathode **2**, die Spannung V und den Abstand zwischen der kalten Kathode und dem Aufnahmebehältnis **3** und dem Beschichtungswinkel α bestimmt ist, der wünschenswerterweise im Bereich von 0 bis 70° liegt. Fakultativ kann Vorspannungsenergie, die geliefert wird, indem eine Antenne 11 im Innern der Flasche oder Behälterkörper **10** lokalisiert wird und sie an eine RF- oder HF-Quelle angeschlossen wird, verwendet werden, um das Plasma mit Energie zu beaufschlagen. Abhängig vom Material der Flasche **10** können Vorspannungsenergien von bis zu 2000 V verwendet werden. Übermäßige Vorspannung kann nachteilig sein, indem die Flaschenoberfläche **6** überhitzt und beschädigt wird.

[0086] Eine Drehung der Flasche **10** ermöglicht, dass die Flasche **10** über ihre ganze Oberfläche mit einer hohen Rate einer Ablagerung von Beschichtungsmaterial **4** beschichtet wird, während Zeit zur Reaktion mit gasförmiger (en) Substanz (en) **7** gelassen wird. Wenn die Seitenwand beschichtet wird, kann die Rate einer Ablagerung von Beschichtungsmaterial **4** auf den Teil der Oberfläche der Flasche **10**, der sich direkt gegenüber der Quelle **1** befindet und der die einzige Oberfläche ist, die eine signifikante Ablagerung von Beschichtungsmaterial **4** erhält, eingestellt werden, indem die Flasche **10** mit einer angemessenen Rate gedreht wird, so dass diese Ablagerung nur ein paar molekulare Lagen umfasst. Diese molekularen Lagen können sich leicht mit gasförmiger (en) Substanz (en) **7** umsetzen, wodurch das ge-

wünschte Kriterium einer Reaktion auf einer Oberfläche mit einer verfestigten Ablagerung erzielt wird, da dies dazu beiträgt, die erforderliche dichte geschlossene Schicht bereitzustellen, die eine gute Gasbarriere liefert. Ferner, da derjenige Teil der Oberfläche der Flasche **10**, der der Quelle **1** nicht gegenüberliegt, weiterreagieren kann, obwohl er keine Ablagerung von Beschichtungsmaterial **4** erhält, bringt diese Prozedur den ganzen 360°-Umfang der Flasche **10** in den Ablagerungs/Reaktions-Zyklus und verringert die Beschichtungszeit. Deshalb trägt eine richtige Einstellung einer Drehrate (R) dazu bei, eine volle Reaktion bei optimalen Beschichtungsratenbedingungen sicherzustellen.

[0087] Kleine oder Spuren-Zugaben von gewissen Metallen in Siliciumdioxid- und anderen Schichten können eine Gasbarriere erhöhen. Solche Metalle können als glasbildende Metallzusatzmittel beschrieben werden, weil sie als Zusatzmittel zur Verwendung bei einer Herstellung von Glas bekannt sind. Geeignete glasbildende Metallzusatzmittel umfassen Ag, Al, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Sn, Ti und Zn. Diese Metalle werden zugegeben, um einen Anteil an Metall in der Schicht **9** von 0,01 bis 50% zu bilden. Z. B. erhöhen solche Zugaben zu einer Schicht **9**, die hauptsächlich aus SiO₂ besteht, die Gasbarriere um einen Faktor von 2 oder mehr. Solche Metalle werden entweder zum Aufnahmebehältnis **3** zugegeben oder werden durch die Opfererosion der elektronenemittierenden Platte oder Schutzschild **12** der kalten Kathode **2** geliefert, wobei diese aus dem gewünschten Metall oder einer Mischung von Metallen konstruiert ist.

[0088] Alternativ kann, wie in **Fig. 1A** dargestellt, ein separates Aufnahmebehältnis **16** vorgesehen sein, um eine Quelle **16'** von Metallen aufzunehmen. Diese Aufnahmebehältnisse **3** und **16** können auf dem Boden der Beschichtungskammer **8**, wie in **Fig. 1** dargestellt, oder auf einem Träger **19**, wie in **Fig. 1A** dargestellt, oder an einer beliebigen geeigneten Stelle getragen werden. Die kalte Kathode **2** kann auf die Materialien **3'**, **16'** in beiden jeweiligen Aufnahmebehältnissen **3**, **16** einwirken, oder es können zwei separate kalte Kathoden vorgesehen sein. Auch kann der Abstand zwischen den Aufnahmebehältnissen **3**, **16** verhältnismäßig eng sein, wie in **Fig. 1A** dargestellt, oder sie können weiter beabstandet sein, oder der Abstand kann variiert sein.

[0089] In **Fig. 1B** wird eine alternative Ausführungsform der Beschichtungskammer **8** verwendet. Anstatt dass Flascheninnenantennen **11** oder eine Beschichtungskammerantenne **14** verwendet wird oder zusätzlich zu diesen Antennen **11**, **14** wird eine äußere Vorspannungs-Antenne **28** verwendet. Diese Antenne **28** dient dazu, eine Vorspannung während eines Beschichtens vorzusehen. Natürlich ist dies separat zu der schon dargestellten Flaschenaußenantenne **14** zur Vorbehandlung. Obwohl nicht in **Fig. 1B** angegeben, sind geeignete Mittel vorgesehen, um die Behälterkörper **10** zu halten und/oder zu transportieren.

Obwohl ein kontinuierlicher oder semikontinuierlicher Prozess zur Behandlung der Flaschen oder Behälterkörper **10** nachstehend erörtert wird, sollte es augenscheinlich sein, dass die vorliegende Erfindung auch auf Chargenbetrieb anwendbar ist.

[0090] Obwohl nicht in den **Fig. 1**, 1A oder 1B dargestellt, kann eine automatische Quelle zur Zufuhr des Materials zum Aufnahmebehältnis **3** und/oder **16** vorgesehen sein. Diese Materialien können als eine Stange oder andere Festkörperstruktur oder in einer beliebigen anderen Form zugeführt werden. Es wird in Erwägung gezogen, dass Material im Aufnahmebehältnis **3** zum Aufnahmebehältnis **3** in Festkörperform zugeführt wird, und insbesondere, dass es in einer Klumpenoder Nichtpulverform vorliegt. Indem man den Oberflächenbereich dieses Materials minimiert, können nachteilige Wirkungen einer Oxidation vermieden werden. Das Material im Aufnahmebehältnis **3** (und **16**, wenn vorhanden) ist eine Quelle von Dampf in der Beschichtungskammer, wenn die kalte Kathode **2** auf es einwirkt. Dieser Dampf wird auf die Flaschen oder Behälterkörper **10** abgelagert, wie nachstehend beschrieben wird. Es sollte angemerkt werden, dass eine am Aufnahmebehältnis **16** angebrachte Verdrahtung **17** in **Fig. 1A** angezeigt ist. Diese Verdrahtung **17** kann verwendet werden, um Strom zum Aufnahmebehältnis **3** und/oder **16** zuzuführen, wie im US-Patent 5,565,248 beschrieben, wenn es so gewünscht wird. Natürlich kann eine solche Verdrahtung weggelassen werden.

[0091] Wenn der Schutzschild oder die Platte **12** als eine Quelle verwendet wird, kann das Ausmaß an Erosion durch Einstellen eines Abstands **D** zwischen dem Aufnahmebehältnis **3** und der kalten Kathode **2** und durch das Ausmaß an Kühlen, das auf die Platte oder Schutzschild **12** durch die Mittel zum Kühlen **15** aufgebracht wird, annähernd gesteuert werden. Diese Mittel zum Kühlen **15** können eine oder beide von der kalten Kathode und der Platte oder Schutzschild **12** kühlen. Eine Wasserkühlung oder eine beliebige andere geeignete Kühlung kann durch diese Mittel zum Kühlen **15** vorgesehen sein. Die andere Hauptvariable, die eine Erosion der Platte **12** beeinträchtigt, ist die Spannung **V**, die an die kalte Kathode **2** angelegt wird, aber diese wird entsprechend den Plasmaerzeugungs- und Verdampfungsratenerfordernissen normalerweise unabhängig eingestellt. Beschichtungsmaterialien Die Wahl des Beschichtungsmaterials **4** und der gasförmigen Substanz **7** hängt von den Prozesskriterien ab (Kosten, Schichtfarbe, Ausmaß an notwendiger Gasbarrieregröße der Flasche und insbesondere dem Typ von Kunststoff, der bei der Flasche verwendet wird). Gute Gasbarrieren sind durch vorstehend beschriebene Prozeduren mittels einer Reaktion auf der Oberfläche von Silicium mit Sauerstoff erhalten worden, was SiO₂, wobei **x** normalerweise größer als 1,7 und normalerweise unerheblich kleiner als 2 ist, und folglich glasartige transparente Schichten ergibt. Es wird in Erwägung gezogen, dass die Schicht 0,01 bis 50% von einem oder

mehreren der glasbildenden Metallzusatzmittel enthält, die aus der Gruppe ausgewählt sind, die aus Li, Na, K, Rb, Cr, Mg, Ca, Sr, Ba, Ti, Al, Mn, V, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Cu, Sn, Ge und In besteht.

[0092] Eine Verwendung von Metallen und anderen gasförmigen Substanzen ermöglicht auch gefärbte Schichten oder UV-absorbierende Schichten (indem man die Reaktionsteilnehmer geeignet wählt). Mehr als eine Lage, wobei jede Lage eine unterschiedliche Zusammensetzung umfasst, kann auch vorteilhaft sein, insbesondere, wenn gefärbte Schichten erzeugt werden, da ein Kombinieren von gefärbten und transparenten Lagen ermöglicht, dass eine gute Gasbarriere mit einer minimalen Dicke einer gefärbten Schicht erhalten wird, wodurch eine Recycelbarkeit verbessert wird. Wenn mehr als ein Typ von Substanz als Beschichtungsfestkörper **4** verwendet wird, ist es häufig notwendig, mehr als eine Quelle **1** bereitzustellen, da Unterschiede im Dampfdruck zwischen Substanzen zu einer Fraktionierung und ungesteuerten Anteilen von jeder Substanz in der Schicht **9** führen können. Weiter ist es möglich, unter Verwendung der Systeme und Verfahren, die hierin offenbart sind, Kunststoffbehälterkörper mit Metallen zu beschichten, die keine Oxide sind, sondern vielmehr elementare Metalle sind. Z. B. können Kunststoffbehälterkörper mit elementarem Aluminium oder Silicium beschichtet werden, indem die Verwendung von Reaktionsgas von der Vakuumkammer ausgeschlossen wird.

Behältervorbehandlung

[0093] Für gewisse Kunststoffoberflächen ist eine Oberflächenvorbehandlung zur leichten Aktivierung der Flaschenoberfläche **6** nützlich, indem freie Radikale auf der Oberfläche gebildet werden. Eine solche Vorbehandlung ist unter Verwendung einer gasförmigen Vorbehandlungssubstanz **13**, die häufig dieselbe sein kann wie die gasförmige Substanz **7**, und bei denselben Kammerdruckbedingungen möglich. Für einige Kunststoffsubstrate kann es nützlich sein, die Flaschenoberfläche **6** zu entgasen, um absorbierte Feuchtigkeit und Materialien von niedrigem Molekulargewicht zu entfernen. Dies wird erzielt, indem die Flasche **10** für eine Zeitdauer von 5–180 s in einem Vakuum gehalten wird. Flaschen oder Behälterkörper **10**, die unmittelbar nach einem Blasformen geblasen werden, können verhältnismäßig schnell entgast werden, und eine Lokalisierung eines Beschichtungsprozesses neben einer Blasformgebungsvorrichtung ist wünschenswert. Solche Vorbehandlungen können durchgeführt werden, indem entweder die Flascheninnenantenne **11** mit RF- oder HF-Energie verwendet wird, um ein Gasplasma auf der Flaschenoberfläche **6** zu erzeugen, oder indem eine Beschichtungskammerantenne **14** mit einer Gleichstrom- oder HF- oder RF-Quelle verbunden wird und ein Plasma in der ganzen Kammer erzeugt wird.

[0094] Für gewisse Zusammensetzungen der

Schicht **9** ist es wünschenswert, die Schicht auf einer Flasche **10** aufzubringen, die während des Beschichtungsprozesses einen Innendruck aufweist, der signifikant höher ist als der Kammerdruck. Dies ergibt eine verbesserte Gasbarriere, indem ermöglicht wird, dass sich die Schicht **9** entspannt/kontrahiert, wenn die Flasche **10** nicht unter Druck steht, während auch ermöglicht wird, dass die Schicht **9** gegen ein Rissigwerden aufgrund eines Streckens beständig ist, wenn die Flasche **10** bei normaler Verwendung unter Druck kommt.

[0095] Einige Kunststoffoberflächen, insbesondere diejenigen von PET, welches ein Polymer ist, das bei Kunststoffflaschen am häufigsten verwendet wird, verschlechtern sich nach einem Blasformen, was auf die Migration von Komponenten niedrigen Molekulargewichts zur Oberfläche zurückzuführen ist. Es ist wichtig, die Qualität der Flaschenoberfläche **6** vor dem Beschichten zu bestimmen. Unter einem Rasterelektronenmikroskop können diese migrierenden Komponenten auf der Flaschenoberfläche **6** beobachtet werden, und eine wichtige Qualitätskontrolle kann folglich angewandt werden.

[0096] Für eine Qualitätskontrolle ist es auch demonstriert worden, dass Rutherford-Rückstreuung (RBS) die Dicke von sehr dünnen Schichten (z. B. 50 nm) und auch ihre Zusammensetzung bestimmen kann, wobei das letztere wichtig ist, wenn mit mehr als einer Festkörperkomponente beschichtet wird. Röntgenstrahlfluoreszenz kann auch verwendet werden, um eine Schichtdicke zu messen, und weil dies ein verhältnismäßig einfacher Prozess ist, kann eine Röntgenstrahlfluoreszenz als ein In-Line-Qualitätskontrollsystem nach einer Beschichtungsmaschine angewandt werden. Schließlich ermöglicht ein Beobachten der Oberfläche von beschichteten Flaschen **10** unter einem Rasterelektronenmikroskop, nachdem diese Flaschen **10** einem Gasdruck ausgesetzt worden sind, einen ersten Indikator einer Beschichtungsleistungsfähigkeit, da die Schichten **9** mit einer schlechten Gasbarrierenleistungsfähigkeit eine Neigung aufweisen, rissig zu werden/sich abzuschälen.

Antennen- und Flaschenverschleiß-Anordnung

[0097] **Fig. 2** stellt eine Antennen- und Flaschenverschleiß-Anordnung als ein Beispiel dar. Andere ähnliche Anordnungen, die dasselbe Ergebnis erzielen, sind möglich. Ein Verschluss **20** schließt einen Dichtring **21**, einen Gewindeteil **22**, einen Einrast-Schnelltrenn-Verbinder **23** und einen Kontaktring **24** für die Vorspannung ein, die entweder durch RF (Radiofrequenz) oder HF (Hochfrequenz) angelegt werden kann. Der Kontaktring **24** weist eine elektrische Verbindung **25** auf, die einen Gleitkontakt mit dem Antennenschaft **26** aufweist. Der Antennenschaft **26** ist in einem Lager **27** montiert, das wiederum im Innern des Verschlusses **20** montiert ist und sich im Verschluss frei drehen kann. Die Antenne **30** weist auf: den Antennenschaft **26**, schwenkbare

Arme **31a**, **31b**, leichte Antennensegmente **32a**, **32b** und ein schweres Antennensegment **33**. Der schwenkbare Arm **31b** wirkt auch als Antenne für die Basis der Flasche **10**, wenn er ausgefahren ist. An der Basis des Antennenschafts **26** befindet sich ein Kugellager **34**, das sich frei drehen kann und durch eine Feder **35** und einen Stift **36** nach unten gepresst wird. Wenn sich die Antenne **30** außerhalb der Flasche **10** befindet, sind die Antennensegmente **32**, **33** gegen den Antennenschaft **26** gefaltet, was auf die Wirkung der Feder **35** zurückzuführen ist, wie in **Fig. 2A** dargestellt. Der Stift **36** weist einen Basisanschlag **37** und einen Drehzapfen **38** auf, an dem der schwenkbare Arm **31b** und das Antennensegment **32b** verbunden sind. Wenn sich der Stift **36** nach oben/nach unten bewegt, erstrecken sich der schwenkbare Arm **31b** und das Antennensegment **32b** nach außen oder falten sich gegen den Antennenschaft **26**. Wenn die Antenne **30** in der Flasche **10** eingesetzt ist, wird das Kugellager **34** gezwungen, die Feder **35** zusammenzudrücken, und dies fährt den schwenkbaren Arm **31b** nach außen von dem Antennenschaft **36** aus, was die Antenne **30** aufrichtet, so dass alle ihre Segmente **32a**, **32b** und **33** den Wänden der Flasche **10** nahekommen. Ein Spalt zwischen Wänden der Flasche **10** und Antenne **30** wird aufrechterhalten, der sich möglichst eng an den Wänden der Flasche **10** befindet, aber ohne zu berühren, und liegt in der Praxis zwischen 3 und etwa 15 mm.

[0098] Der Verschluss **20** wird auf das Gewindeende (Mund) der Flasche **10** geschraubt, und der gasförmige Inhalt der Flasche **10** wird dadurch durch den Dichtring **21** abgedichtet. Ein Hilfsgerät (nicht dargestellt) tritt in den Verbinder **23** im Verschluss **20** ein und liefert die Schraubenzieherwirkung zum Drehen des Verschlusses **20**, um ihn auf die Flasche **10** zu schrauben. Dasselbe Hilfsgerät hält die Flasche **10** (bis sie durch den Verbinder **23** freigegeben wird) und macht Kontakt mit der RF/HF-Vorspannung auf dem Kontaktring **24**. Natürlich könnte statt einer Schraubverbindung auch ein Einrast-Schnelltrenn-Verbinder oder andere bekannte Verbindungen für den Verschluss **20** verwendet werden. Wenn die Flasche **10** horizontal gehalten und gedreht wird, stellt das schwere Antennensegment **33** sicher, dass die Antenne **30**, die keinen Kontakt mit den Wänden der Flasche **10** aufweist, imstande ist, eine Position aufrechtzuerhalten, die vertikal nach unten gekehrt ist, und wirkt deshalb als Mittel zum Ausrichten der Antenne, so dass sie während eines Beschichtens im Allgemeinen der mindestens einen Quelle zugekehrt ist. Wenn die Antenne **30** ausgerichtet wird, während die Flasche **10** in eine vertikale Position gedreht wird, ermöglicht eine Verwendung eines magnetischen Materials im Antennensegment **33** und ein äußerer Magnet, der geeignet positioniert ist, dass die Antenne **30** in die richtige Richtung gekehrt ist. Demgemäß wirkt dieser Magnet als magnetische Ausrichteinrichtung zum Ausrichten der Antenne, wenn die Längsachse des Behälters allgemein vertikal ausgerichtet

ist.

[0099] Das durch die **Fig. 2A** und **2B** demonstrierte Prinzip kann auch auf eine Mehrsegmentkonstruktion angewandt werden. In einer solchen Mehrsegmentkonstruktion, wo eine Mehrzahl von Antennensegmenten **32a**, **32b**, **33** und schwenkbaren Armen **31a**, **31b** eine Faltanordnung ermöglichen, die durch das Ende der Flasche **10** hindurchtreten kann und in der Flasche **10** aufgerichtet werden kann, ergibt sich eine 360°C-Antennen-Abdeckung ihrer Wände. In einem solchen Fall ist die Notwendigkeit für eine Antennenausrichtung beseitigt, und ein größerer Teil der Flasche ist einer Vorspannungsenergie ausgesetzt, was in gewissen Anwendungen kürzere Beschichtungszeiten ermöglicht.

[0100] Außerdem kann, abgesehen davon, dass die Antenne **11** oder **30** verwendet wird, eine Rückplatte **18** in der Vakuumkammer vorgesehen sein, wie in **Fig. 1** angegeben. Die Flaschen oder Behälterkörper **10** sind zwischen dieser Rückplatte **18** und der Quelle **1** positionierbar. Wenn sie verwendet wird, kann diese Rückplatte dazu führen, dass das Einsetzen einer Antenne **11** oder **30** in die Flaschen **10** unnötig ist. Dies kann den Gesamtprozess beschleunigen, die Notwendigkeit, einen Lagerbestand von Antennen zu besitzen, verringern und kann andere Vorteile liefern.

[0101] Alternativ kann ein Teil oder die gesamte Vakuumkammer **50** oder Beschichtungskammer **8** als eine Antenne verwendet werden. Z. B. kann die Rückplatte **18** weggelassen werden, und die Decke allein oder die Decke und einige von den Wänden oder die ganze Kammer **8** kann als die Antenne verwendet werden. Andere Anordnungen sind auch möglich.

[0102] Eine andere Möglichkeit zur Vermeidung der Antennen **11** oder **30** umfasst eine Bereitstellung einer Magnetquelle in der Vakuumkammer **50**, wie allgemein durch ein Bezugszeichen **58** in **Fig. 3** angegeben. Die Anzahl von Magnetquellen **58** und ihre Lokalisierung in der Vakuumkammer **50** kann leicht variiert werden. Die Magnetquelle **58** wirkt als ein Mittel zur Erzeugung eines Magnetfeldes in der Vakuumkammer **50**, wobei das Feld den Beschichtungsdampf lenkt.

[0103] Diese Magnetquelle könnte alternativ verwendet werden, um den Beschichtungsdampf, der sich zur Flaschenoberfläche bewegt, selektiv zu lenken, wodurch ein gewisses oder das ganze Erfordernis vermieden wird, die Flaschen mechanisch zu drehen oder sie eine Translationsbewegung ausführen zu lassen. Diese Magnetquelle wirkt deshalb als ein Mittel zur Erzeugung eines Feldes, um den Beschichtungsdampf zu lenken.

[0104] Obwohl noch eine Flascheninnenantenne verwendet wird, zeigen die **Fig. 2C** und **2D** einen anderen möglichen Typ von Antenne **69**. Diese Antenne **69** ist gerade und wird deshalb leichter in die Flasche oder den Behälterkörper **10** eingesetzt und aus ihm entfernt. Diese Antenne **69** verläuft einfach als ein

gerader "Stab" vom Verschluss bis innerhalb ein paar Millimetern der Basis der Flasche oder des Behälterkörpers **10**. Diese Antenne **69** vereinfacht auch den Betrieb, weil kein Schwenken, Ausrichten, Entfalten, um sich den Wänden der Flasche oder des Behälterkörpers **10** anzupassen, und so weiter benötigt werden. Während die Antenne **69** so dargestellt ist, dass sie im Allgemeinen mit der Längsachse der respektiven Flasche oder Behälterkörpers **10** längengleich ist, wird es in Erwägung gezogen, dass eine schiefe Ausrichtung auch möglich ist. Mit anderen Worten würde die Antenne **69** in Bezug zur Längsachse der Flasche oder des Behälterkörpers **10** gewinkelt sein. In einer solchen gewinkelten Position kann die Antenne **69** die Längsachse der Flasche oder des Behälterkörpers **10** schneiden oder auch nicht.

[0105] Alternativ könnte auch eine Korkzieherantenne verwendet werden. Diese Antenne würde in der Flasche oder dem Behälterkörper **10** geschraubt sein, würde aber näher an den Seitenwänden sein als die gerade Antenne **69**, ohne diese Seitenwände zu berühren. Andere mögliche Antennen sind natürlich auch möglich.

[0106] Es ist normalerweise wünschenswert, eine Beschichtung des Gewindeendes einer Getränkeflasche zu vermeiden, weil dies die Verschlussleistungskennwerte beeinträchtigen kann und weil dieses in Berührung mit dem Getränk und vielleicht dem Mund des Verbrauchers kommen kann. Obwohl sämtliche in den bevorzugten Ausführungsformen dieser Erfindung verwendeten Schichten in Berührung mit Nahrungsmitteln ungefährlich sind, ist es nichtsdestoweniger wünschenswert, eine Getränkeberührung auf das Hauptflaschenmaterial zu beschränken. Der Verschluss **20** bedeckt den Endteil der Flasche **10** und verhindert, dass sich die Schicht **9** bis zu ihm ausbreitet.

Beschichtungssystem und Betrieb

[0107] **Fig. 3** stellt eine Ausführungsform einer Beschichtungsmaschine gemäß dieser Erfindung dar, die ein kontinuierliches wirtschaftliches Beschichten der Flaschen ermöglicht. Im Hinblick auf die Tatsache, dass Flaschen kostengünstig sind, in großen Stückzahlen gefertigt werden und häufig Einwegverpackungen sind, ist es wichtig, zu einer Ausführungsform zu gelangen, die einen sehr kostengünstigen Betrieb liefert, kompakt ist (weil sich eine bevorzugte Lokalisierung neben einer Flaschenblasformgebungsvorrichtung befindet) und zur Massenproduktion geeignet ist (d. h. vorzugsweise kontinuierlicher statt Chargenbetrieb).

[0108] In **Fig. 3** ist die Aufeinanderfolge eines Betriebs einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Flaschen oder Behälterkörper **10** bewegen sich durch die verschiedenen Stadien A bis H. Zu Beginn werden die Flaschen mittels eines Förderers **39** zu einer Beladungs/Entladungs-Station **40** zugeführt. Die Flaschen oder Behälterkörper **10**

können unmittelbar von einer Formgebungsmaschine **29** zum Beschichtungssystem zugeführt werden. Diese Formgebungsmaschine umfasst eine Blasformgebungsmaschine, eine Spritzgussmaschine, eine Extrusionsformgebungsmaschine oder irgendeine andere bekannte Maschine zum Formen von Behälterkörpern oder Flaschen **10**. Wie nachstehend mit Bezug auf die **Fig. 7A–7C** beschrieben wird, verschlechtert sich z. B. die Oberfläche einer PET-Flasche mit der Zeit. Wenn die Behälterkörper oder Flaschen **10**, nachdem sie geformt sind, schnell beschichtet werden, dann fehlen mögliche Hemmnisse für eine verbesserte Haftung auf der Oberfläche der Flaschen oder Behälterkörper **10**.

[0109] Vom Förder **39** kann eine Bedienperson oder eine andere geeignete Ausrüstung die Flaschen oder Behälterkörper **10** zur Beladungs/Entladungs-Station **40** von Hand bewegen bzw. automatisch bewegen. Der Förderer **39** kann Flaschen von einer Formgebungsmaschine oder irgendeinem anderen stromaufwärts gelegenen Prozess zuführen.

[0110] An der Beladungs/Entladungs-Station **40** werden die Flaschen oder Behälterkörper **10** in eine Haltevorrichtung **41** platziert oder aus ihr entfernt. Diese Haltevorrichtung kann ein offenes Inneres aufweisen, oder sie kann segmentierte Abschnitte zur Aufnahme von einzelnen Flaschen **10** aufweisen. Die Anordnung der Haltevorrichtung **41** wird in größerer Einzelheit nachstehend erörtert. Die in **Fig. 3** verwendete Haltevorrichtung **41** weist vier Flaschen in zwei Reihen bei insgesamt acht Flaschen auf. Natürlich könnte diese Konfiguration modifiziert sein, um den Bedürfnissen des Systems zu entsprechen.

[0111] Die Haltevorrichtung **41** mit den geladenen Flaschen oder Behälterkörpern **10** kann beim Stadium A von Hand oder automatisch von der Beladungs/Entladungs-Station **40** zur Hilfsgerätestation **42** beim Stadium B bewegt werden, wie vorstehend angemerkt. Der Betrieb dieser Hilfsgerätestation **42** wird in größerer Einzelheit mit Bezug auf **Fig. 4** nachstehend erklärt. An dieser Hilfsgerätestation **42** können eine Antenne **30**, ein Verschluss **20** und ein Luftverdrängungskragen **60** in die Flaschen oder Behälterkörper **10** eingesetzt werden oder aus ihnen entfernt werden. Der Verschluss **20**, die Antenne **30** und der Kragen **60** werden insgesamt als "Hilfsgeräte" bezeichnet. Die Hilfsgeräte sowie die Haltevorrichtung **41** sollten aus einem nichtgasenden (niedrigabsorbierenden) Material hergestellt sein, dessen Oberfläche die Oberfläche der beschichteten oder unbeschichteten Flaschen oder Behälterkörper **10** nicht beschädigen kann.

[0112] Von der Hilfsgerätestation **42** beim Stadium B, kann die Haltevorrichtung **41** mit den Flaschen oder Behälterkörpern **10** beim Stadium C von Hand oder automatisch in die Evakuierungskammer **43** bewegt werden. Irgendeine Türe, Luftschleuse oder ein anderes Merkmal wird bereitgestellt, um zu ermöglichen, dass ein Vakuum in der Evakuierungskammer **43** gebildet wird. Wie in größerer Einzelheit nachste-

hend erklärt wird, kann der Verdrängungskragen **60**, der zuvor an den Flaschen oder Behälterkörpern **10** angebracht worden war, in der Evakuierungskammer **43** entfernt oder wiederangebracht werden. Auch wird in dieser Evakuierungskammer **43** ein Vakuum entweder erzeugt oder verringert, wie nachstehend beschrieben wird.

[0113] Von der Evakuierungskammer **43** bewegen sich die Haltevorrichtung **41** und die Flaschen oder Behälterkörper **10** beim Stadium D in den Beladungs/Entladungs-Tisch **44**. Ein Beladen der Flaschen von der Haltevorrichtung **41** zu flaschenträgenden Stangen **51** wird auf diesem Tisch **44** durchgeführt. Auch werden die Flaschen oder Behälterkörper **10** von den flaschenträgenden Stangen **51** zurück in die Haltevorrichtung **41** entladen, wie in größerer Einzelheit nachstehend beschrieben wird.

[0114] Wenn die Flaschen oder Behälterkörper **10** beim Stadium D auf den flaschenträgenden Stangen **51** montiert sind, dann werden sie zu den Entgasungs- und Vorbehandlungs-Abschnitten **45** und Stadium E weitergeleitet. Die Antenne **30**, die sich im Innern der Flaschen oder Behälterkörper **10** befinden kann, wird durch einen Magneten **46** in den Entgasungs- und Vorbehandlungs-Abschnitten **45** ausgerichtet. Die Flaschen oder Behälterkörper **10** weisen ihre Längsachsen im Allgemeinen vertikal ausgerichtet auf, wenn sie sich in den Entgasungs- und Vorbehandlungs-Abschnitten **45** von Stadium E befinden.

[0115] Von den Entgasungs- und Vorbehandlungs-Abschnitten **45** bewegen sich die Flaschen oder Behälterkörper **10** auf den flaschenträgenden Stäben **51** zum Basisbeschichtungs-Abschnitt **47** beim Stadium F. Dann bewegen sich die Flaschen oder Behälterkörper **10** beim Stadium G den Seitenwandbeschichtungs-Abschnitt **48** fort. Es sollte angemerkt werden, dass sich die Flaschen oder Behälterkörper **10** von einer im Allgemeinen vertikalen Ausrichtung im Stadium F zu einer im Allgemeinen horizontalen Ausrichtung im Stadium G bewegen. Diese Anordnung wird in größerer Einzelheit nachstehend beschrieben. Vom Stadium G kehren die Flaschen zum Beladungs/Entladungs-Tisch **44** zurück. Die Flaschen oder Behälterkörper **10** werden von den flaschenträgenden Stangen **51** entfernt und wieder in die Haltevorrichtungen **41** eingesetzt. Die Haltevorrichtungen **41** werden dann beim Stadium C durch die Evakuierungskammer **43** zu einer Zwischenhalteposition **49** beim Stadium H bewegt.

[0116] Nun wird nach dieser allgemeinen Beschreibung eine ausführlichere Beschreibung der Anordnung von **Fig. 3** gegeben. Zuerst werden beim Stadium A die Flaschen oder Behälterkörper **10** in die Haltevorrichtung **41** geladen, wie vorstehend angemerkt. Eine Bedienperson kann von Hand die Hilfsgeräte, den Verschluss **20**, die Antenne **30** und den Kragen **60** auf die Flaschen oder Behälterkörper **10** einsetzen, oder dieser Schritt kann automatisch mit geeigneter Ausrüstung durchgeführt werden. Dieser Be-

trieb wird an der Hilfsgerätestation **42** beim Stadium B durchgeführt.

[0117] Wenn die Haltevorrichtungen **41** und Flaschen oder Behälterkörper **10** beim Stadium C in die Evakuierungskammer **43** bewegt sind, wird ein Vakuum in dieser Kammer **43** erzeugt. Der Kragen **60**, der zuvor während des Stadiums B an der Hilfsgerätestation **42** angebracht wurde, wird verwendet, um das Innere der Flaschen oder Behälterkörper **10** zu evakuieren, bevor Druck aus der Kammer **43** evakuiert wird. Der Zweck des Kragens **60** besteht darin, die Menge an Luft zu verringern, die in die Evakuierungskammer **43** gebracht wird. Zusammen mit der Haltevorrichtung **41**, in welcher die Flaschen oder Behälterkörper **10** genau eingepasst sind, verringert die Vorevakuierung der Behälter oder Flaschen **20** die Menge an Luft, die aus der Kammer **43** evakuiert werden muss. Mit anderen Worten passen die Flaschen oder Behälterkörper **10** genau in die Haltevorrichtung **41**. Diese Haltevorrichtung **41** passt genau in die Wände der Evakuierungskammer **43**, um die Menge an Luft zu minimieren, die sich außerhalb der Behälter oder Flaschen **10** befindet.

[0118] Vor oder während einer Einsetzung der Haltevorrichtung **41** mit den Flaschen oder Behälterkörpern **10** in die Evakuierungskammer **43** wird der Kragen **60** verwendet, um Luft aus dem Inneren der Flaschen oder Behälterkörper **10** zu entfernen. Deshalb braucht das Vakuumsystem zum Evakuieren der Kammer **43** bloß die kleine Menge an Luft zu evakuieren, die in den Kammern außerhalb der Behälter oder Flaschen **10** vorhanden ist. Deshalb kann Vakuumsystemkapazität verringert werden. Dies ist eine wichtige wirtschaftliche Überlegung im Hinblick auf den niedrigen Betriebsdruck der Vakuumkammer **50**. Dies trägt auch dazu bei, die Lebensdauer des Vakuumsystems zu verlängern, und trägt dazu bei, die Menge an Energie zu minimieren, die mit dem Instantsystem verbraucht wird.

[0119] Von der Evakuierungskammer **43** beim Stadium C wird die Haltevorrichtung **41** mit den Flaschen oder Behälterkörpern **10** beim Stadium D zum Beladungs/Entladungs-Tisch **44** bewegt. Dieser Beladungs/Entladungs-Tisch **44** befindet sich im Innern der Vakuumkammer **50**. Die Vakuumkammer **50** und die evakuierte Kammer **43** sind beide mit einem herkömmlichen Vakuumsystem (nicht dargestellt) verbunden. Wenn die Evakuierungskammer **43** den geeigneten Druck erreicht, werden verschiedene Schritte unternommen, einschließlich ein Öffnen einer Türe **55**, um einen Eintritt der Haltevorrichtung **41** mit den Flaschen oder Behälterkörpern **10** zu ermöglichen.

[0120] Im Innern der Vakuumkammer **50** werden die Flaschen oder Behälterkörper **10** im Abschnitt **45** beim Stadium E entgast und vorbehandelt. Diese Entgasung beim Stadium E kann z. B. bis zu sechzig Sekunden in Anspruch nehmen. Es sollte angemerkt werden, dass ein Entgasen der Behälter oder Flaschen **10** tatsächlich beim Stadium C in der Evakuierungskammer **43** beginnt. Das Entgasen wird wäh-

rend der Vorbehandlung im Abschnitt **45** von Stadium E beendet. Die Flaschen oder Behälterkörper **10** werden aus der Haltevorrichtung **41** am Beladungs/Entladungs-Tisch **44** heraus und auf die flaschentragende Stangen **51** bewegt, was in größerer Einzelheit nachstehend beschrieben wird. Die Flaschen werden vom Beladungs/Entladungs-Tisch **44**-Bereich im Stadium D zu den anschließenden Stadien in der Vakuumkammer **10** bewegt, indem die flaschentragenden Stangen **51** bewegt werden.

[0121] Obwohl eine Fördereranordnung zur Bewegung von diesen flaschentragenden Stangen **51** nachstehend beschrieben wird, sollte es ersichtlich sein, dass viele unterschiedliche Anordnungen verwendet werden könnten, um die Flaschen oder Behälterkörper **10** durch die Vakuumkammer **50** zu fördern.

[0122] In den Entgasungs- und Vorbehandlungs-Abschnitten **45** kann ein Ausrichten der Magnete **46** verwendet werden, um die Antennen **11** oder **30**, wie gewünscht, auszurichten, wenn vorhanden. Die Antennen könnten in Bezug zu einem gewissen Punkt auf den Behälterkörpern oder Flaschen **10** stationär sein oder können in Bezug zu den Flaschen oder Behälterkörpern **10** bewegbar sein. Im Entgasungs- und Vorbehandlungs-Abschnitt **45** beim Stadium E sowie im stromabwärts gelegenen Basisbeschichtungs-Abschnitt **47** des Stadiums F weisen die Flaschen oder Behälterkörper **10** ihre Längsachsen vertikal ausgerichtet auf.

[0123] Im Vorbehandlungs-Beladungs/Entladungs-Tisch **44**-Bereich beim Stadium D oder im Entgasungs- und Vorbehandlungs-Abschnitt **45** von Stadium E kann ein Heizen der Flaschen oder Behälterkörper **10** durchgeführt werden, wenn zweckmäßig. Bei diesen Stadien D oder E oder durch die ganze Vakuumkammer **50** hindurch könnten Strahlungs- oder Infrarottheizer (nicht dargestellt) vorgesehen sein, so dass sich die Flaschen oder Behälterkörper **10** auf einer geeigneten Temperatur befinden würden. Z. B. könnte diese Temperatur von Umgebungstemperatur bis zu 60°C sein.

[0124] Abgesehen davon, dass sich die Flaschen oder Behälterkörper **10** auf einer geeigneten Temperatur befinden, um ein Entgasen zu erleichtern, können die Antennen **11** oder **30** mit den Behälterkörpern verwendet werden, um das Entgasen zu beschleunigen, wie zuvor angemerkt worden ist. Insbesondere wird entweder RF- oder HF-Energie auf die innere Antenne **11** oder **30** beaufschlagt. Alternativ kann, wie mit Bezug auf **Fig. 1** angemerkt, eine Beschichtungskammerantenne **14** vorgesehen sein. Gleichstrom/RF/HF-Energie kann auf diese Beschichtungskammerantenne **14** beaufschlagt werden oder von einer Infrarotquelle, die in der Nähe der Flaschenoberfläche **6** angeordnet ist. Alle diese Merkmale können ein Entgasen beschleunigen.

[0125] Der Beschichtungsprozess wird in zwei Teilen durchgeführt. Zuerst gab es den zuvor erwähnten Basisbeschichtungs-Abschnitt **47** beim Stadium F.

Dann vervollständigt der Seitenwandbeschichtungs-Abschnitt **48** beim Stadium G eine Beschichtung der Flaschen oder Behälterkörper **10**. In diesem Basisbeschichtungs-Abschnitt **47** werden der Boden oder die Basis der Flaschen oder Behälterkörper **10** beschichtet. Dann werden, wie in größerer Einzelheit nachstehend beschrieben wird, die Längsachsen der Flaschen von der vertikalen zu einer horizontalen Ausrichtung geändert. Dies wird erzielt, indem der Raum zwischen den Flaschenstangen **51** erhöht wird. Wie mit Bezug auf eine sich schnell bewegende Kette **53** und eine sich langsam bewegende Kette **52** nachstehend beschrieben wird, kann diese Neuausrichtung der Flaschen oder Behälterkörper **10** stattfinden. Ihre ganzen vertikalen und horizontalen Ausrichtungen hindurch sind die Flaschen oder Behälterkörper **10** eng beieinander, um den Verdampfern oder der Quelle **1** die beste Verwendung zuteil werden zu lassen, aber sie berühren sich nicht. Die Flaschen in der horizontalen Ausrichtung werden dann durch einen Seitenwandbeschichtungs-Abschnitt **48** beim Stadium G bewegt. Wenn sich die Flaschen durch den Abschnitt bewegen, können sie um ihre Längsachse gedreht werden.

[0126] Die Flaschen oder Behälterkörper **10** können während der gesamten Bewegung im Seitenwandbeschichtungs-Abschnitt **48** oder nur in einem Teil desselben beschichtet werden. Die Strecke des Beschichtungs-Abschnitts **48**, über der die Flaschen beschichtet werden, kann durch die Menge an Beschichtung beeinflusst werden, von der gewünscht wird, dass sie auf den Flaschen abgelagert wird. Z. B.

[0127] können mehrere Quellen **1** in der Vakuumkammer **50** vorgesehen sein, um den Beschichtungsdampf zu den Flaschen oder Behälterkörpern **10** zuzuführen. Wenn eine dickere äußere Schicht gewünscht wird, dann könnten mehr von den Quellen **1** aktiviert werden, im Gegensatz dazu, wenn eine dünnere Schicht gewünscht wird. Natürlich können andere Kriterien modifiziert sein, um die Dicke der Schicht auf dem Äußeren der Flaschen oder Behälterkörper **10** zu beeinflussen.

[0128] Ähnlich zum Druck im Entgasungs- und Vorbehandlungs-Abschnitt **45** von Stadium E kann der Druck sowohl im Basisbeschichtungs-Abschnitt **47** als auch dem Seitenwandbeschichtungs-Abschnitt **48** der Stadien F und G 2×10^{-4} mBar betragen und kann im Bereich von 1 bis 5×10^{-4} mBar liegen. Es wird in Erwägung gezogen, dass die Basisbeschichtung im Stadium F 1–15 Sekunden braucht, kann aber im Bereich von bis zu 30 Sekunden liegen. Die Seitenwandbeschichtung im Stadium G kann weniger als 30 Sekunden brauchen, aber im Bereich von 2–120 Sekunden liegen. Die Flaschen können sich von 1–300 Umdrehungen pro Minute drehen, aber die obere Grenze hängt nur von praktischer Mechanik ab. Typischerweise würden sich die Flaschen von 1 bis 100 Umdrehungen pro Minute drehen.

[0129] Im Innern der Beschichtungskammer **50** kann ein Verdampfersystem vorgesehen sein. Die-

ses Verdampfersystem wurde mit Bezug auf **Fig. 1** beschrieben und wird auch in größerer Einzelheit mit Bezug auf die **Fig. 6A** und **6B** beschrieben. Insbesondere sind die Verdampfer oder die Quelle **1** vorgesehen, um die Schicht zu liefern, die auf dem Äußeren der Flaschen oder Behälterkörper **10** abgelagert wird.

[0130] Die Verdampfer können in Reihen angeordnet sein, so dass die Verdampferflüsse ihre Pfade überlappen, wobei sich eine gleichmäßige Längsablagerungsrate R ergibt. Diese Rate kann 3 nm/s betragen und im Bereich von $1\text{--}50 \text{ nm/s}$ liegen. Der Kontaktwinkel α , der zuvor erörtert wurde, gilt deshalb nur für Reihenenden und für die Reihenquerschnitte, wo es keine Überlappung gibt. Dieser Kontaktwinkel α ist in den **Fig. 6A** und **6B** angegeben und kann z. B. 30° betragen oder mindestens im Bereich von 30 bis 60° liegen. Jedoch sollte, wie zuvor angemerkt, dieser Winkel normalerweise nicht größer als 70° sein.

[0131] Es ist erwünscht, dass das Verdampferlayout zu einer minimalen Anzahl von Verdampfern oder Quellen **1** führen muss, und zwar mit ihrer wirkungsvollsten Verwendung. Mit anderen Worten sollte ein Materialverlust minimiert sein. Die Darbietung von Flaschenreihen zum Verdampfer oder zur Quelle **1** kann vier in einer Reihe sein, wie in **Fig. 3** angegeben, aber diese Anzahl kann wie gewünscht variiert sein. Es ist bloß erwünscht, dass die Verdampfer- oder die Quelle 1-Verwendung optimiert ist.

[0132] Wie für die **Fig. 6A** und **6B** nachstehend beschrieben wird, können Staubschirme oder Schutzschilde **93** vorgesehen sein. Diese Schutzschilde oder Staubschirme sollten entfernbar und leicht zu säubern sein. Sie fangen Partikeln von dem Verdampfer oder der Quelle **1** ein, die nicht an der Flaschenoberfläche haften.

[0133] Um die Notwendigkeit für ein Abschalten der Verdampfer oder Quellen **1** während kurzer Zykluspausen zu vermeiden, kann eine Vorkehrung für Schwingabdeckungen oder ähnliche Abdeckungen getroffen sein, um Beschichtungsdämpfe während beschichtungsfreier Zeitdauern des Zyklus aufzufangen. Dies verringert das Staubbeschichten der inneren Beschichtungskammer. Automatische Funktionssteuerungen und eine automatische Detektion von schlecht arbeitenden Verdampfern oder Quellen **1** kann auch vorgesehen sein. Es wird veranschlagt, dass die spezifizierten Parameter zu einer Beschichtungsdicke von etwa 50 nm führen. Auf dieser Grundlage wird die Verdampfungsrate wie folgt veranschlagt. Wenn das Gewicht der Flasche 30 Gramm beträgt und die PET-Dicke $0,35 \text{ mm}$ beträgt, kann die Beschichtungsdicke 50 nm sein. Deshalb ist das Verhältnis Schicht zu PET (V/V) gleich $0,00014$. Der Si-Anteil von SiO_2 (W/W) ist gleich $0,467$. Die Dichte des SiO_2 beträgt $2,5$, wobei die Dichte von PET $1,3$ ist. Deshalb beträgt das Gewicht von Si einer Schicht $0,004 \text{ g/Flasche}$. Bei etwa 3000 Flaschen pro Stunde ist das nur zur Flaschenbeschichtung verdampfte Si

(nicht umfassend Verluste) etwa $11,5 \text{ g}$ bei etwa 30 g/h , einschließlich der Gesamtverluste.

[0134] Wie mit Bezug auf **Fig. 1** beschrieben worden ist, kann der Abstand zwischen dem Verdampfer oder der Quelle **1** und der Flaschenoberfläche (H) $0,5$ sein und im Bereich von $0,1$ bis 2 m liegen. Es sollte auch möglich sein, die Quellen **1** aus der Vakuumkammer **15** zur Inspektion und/oder Wartung zu entfernen, ohne dass die Beschichtung oder das Vakuum verringert wird. Ein Tandemverdampfersystem, das durch Vakuumschleusen arbeitet, ist eine Möglichkeit. Im Hinblick darauf würde keine automatische Materialzuführung zu den Verdampfern benötigt werden. Natürlich könnte eine solche automatische Materialzuführung verwendet werden, wenn es so gewünscht wird. Die Verdampfungsfunktion muss durch Instrumente überwacht werden und kann z. B. von außerhalb der Vakuumkammer **50** mittels Sichtgläsern visuell wahrnehmbar sein.

[0135] Nach Bewegung durch den Seitenwandbeschichtungs-Abschnitt **48** beim Stadium G treten die Flaschen **10** wieder in die Haltevorrichtung **41** am Beladungs/Entladungs-Tisch **44** ein. Diese Anordnung wird in größerer Einzelheit im Hinblick auf **Fig. 4** beschrieben. Vom Beladungs/Entladungs-Tisch **44** beim Stadium D kommen die Haltevorrichtungen **41** mit den wiedereingesetzten Flaschen oder Behälterkörpern **10** zurück in die Evakuierungskammer **43** beim Stadium C. Vor einer Bewegung in diese Evakuierungskammer **43** werden die Krane **60** beim Stadium D auf die Behälter platziert.

[0136] Wenn die Haltevorrichtung **41** und Flaschen oder Behälterkörper **10** in die Evakuierungskammer **43** wiedereingeführt sind, kann das Vakuum verringert werden. Dann verlässt die Haltevorrichtung **41**, die die beschichteten Flaschen oder Behälterkörper **10** enthält, die Evakuierungskammer **43**. Die Haltevorrichtung **41** mit den Flaschen **10** kann dann zur Zwischenhalteposition **49** verschoben werden. Bei dieser Position ist der Eintritt zur Evakuierungskammer **43** freigemacht, so dass eine andere beladene Haltevorrichtung **41** mit unbeschichteten Flaschen oder Behälterkörpern **10** schnell in die Evakuierungskammer **43** wiedereingesetzt werden kann. Dies trägt dazu bei, den kontinuierlichen Betrieb des Beschichtungssystems beizubehalten. Nachdem die Evakuierungskammer **43** wiederbeladen ist, kann die Haltevorrichtung **41** zum Stadium B zurückkehren, wo die Hilfsgeräte automatisch oder von Hand entfernt werden. Mit anderen Worten werden der Verschluss **20**, die Antenne **30** und der Kran **60** von den Flaschen oder Behälterkörpern **10** entfernt. Dann können an der Beladungs/Entladungs-Station **40** beim Stadium A die beschichteten Flaschen oder Behälterkörper **10** aus der Haltevorrichtung **41** entfernt werden und zum Förderer **39** zur anschließenden Verarbeitung rückgeführt werden. Neue unbeschichtete Flaschen oder Behälterkörper **10** können in die leergemachte Haltevorrichtung **41** platziert werden, wodurch ermöglicht wird, dass der beschriebene Betriebszyklus wieder-

holt wird.

[0137] Wenn man die Flaschen **10** und die Haltevorrichtung **41** separat betrachtet, durchlaufen die Flaschen **10** zuerst die Stadien A bis G und kehren dann durch die Stadien C bis H zu A zurück. Es gibt zwei Haltevorrichtungen **41**, und diese durchlaufen zuerst die Stadien A bis G und kehren unter Durchlaufen der Stadien C bis N zu A zurück. Es gibt genügend Sätze von Hilfsgeräten, um alle Flasche in den Stadien B bis H abzudecken. Die Hilfsgeräte werden beim Stadium B angebracht und kehren zum Stadium B zurück, wobei sie sämtliche Stadien B bis H durchlaufen haben.

[0138] Die Stadien D, E, F, G sind in einer Vakuumkammer **50** untergebracht. Die Flaschen **10** werden durch die Flaschenstangen **51** gegriffen und durch die Vakuumkammer **50** mittels Fördererketten verarbeitet, eine sich langsam bewegende Kette **52** und eine sich schnell bewegende Kette **53**. Die sich langsam bewegende Kette **52** drückt die Flaschenstangen **51** während des Betriebszyklus, wenn die Flaschen **10** in einer vertikalen Position gehalten werden (zum Entgasen und zur Vorbehandlung beim Stadium E und Basisbeschichtung beim Stadium F) in eine dichtgepackte Anordnung, und die sich schnell bewegende Kette **53** schiebt die Flaschenstangen **51** mit einem größeren Stange-zu-Stange-Abstand, während sich die Flaschen **20** in einer horizontalen Position befinden (zur Seitenwandbeschichtung beim Stadium G). Die Flaschenstangen **51** laufen in Trägerschienen **54**, die die Flaschenstangen **51** fest lokalisieren und tragen, wie in größerer Einzelheit mit Bezug auf **Fig. 5A** beschrieben wird.

[0139] Die Evakuierungskammer **53** ist mit herkömmlichen mechanisierten Türen **55** ausgerüstet, die sich öffnen/schließen, um zu ermöglichen, dass die Haltevorrichtung **41** eintritt/austritt. Eine Deckentüre **55a** in **Fig. 5** ermöglicht, dass der Kragen **60** durch herkömmliche Einrichtungen entfernt und/oder wiederangebracht wird), bevor sich die Haltevorrichtung **41** in den Hauptabschnitt der Vakuumkammer **50** bewegt. Der Teilraum über der Evakuierungskammer **53**, wo der Kragen **60** nach Entfernung gehalten wird, ist Teil der Vakuumkammer **50**, und sowohl dieser Teilraum als auch der Hauptteil der Vakuumkammer **50** stehen dauernd unter Vakuum. Die Evakuierungskammer **43** wird evakuiert, um zu ermöglichen, dass die Haltevorrichtung **41** in die Vakuumkammer **50** eintritt, und wird zu Normaldruck zurückgebracht, um zu ermöglichen, dass die Haltevorrichtungen **41** aus dem Beschichtungssystem austreten.

[0140] Die Flaschen **10** werden herkömmlicherweise entlang dem Förderer **39** zur Beschichtungsmaschine (vorzugsweise direkt von der Blasformgebungsvorrichtung) und zum Flaschenpalettierungssystem nach Beschichtung gefördert.

[0141] **Fig. 4** stellt die Handhabung der Flaschen **10** und Hilfsgeräte dar. Die Flaschen **10** treten beim Stadium A in eine Haltevorrichtung **41** ein. Die Flaschen **10** sind genau in Hohlräume in der Haltevorrichtung

41 eingepasst, um die Luftspalte so weit wie möglich zu verringern, da dies wiederum den Vakuumpumpenbetrieb verringert. Beim Stadium B wird ein Kragen **60** angebracht, um die Luftspalte um die Hälse der Flaschen **10** zu verringern, und die Antenne **30** und der Verschluss **20** werden auf der Flasche **10** angebracht. Die Verschlüsse **20** werden durch eine Reihe von Schraubenziehern, die Teil eines Hilfsgeräteeinbringers **61** sind, auf die Flaschen **10** geschraubt. Beim Stadium C tritt die Haltevorrichtung **41** durch die Türe **55** in die Evakuierungskammer ein. Die Überkopftüre **55a** öffnet sich, um zu ermöglichen, dass der Kragen **60** abgehoben wird und in einem Aufbewahrungsraum **62** in der Vakuumkammer **50** aufbewahrt wird. Beim Stadium D wird die Haltevorrichtung **41** zu den Flaschenstangen **51** hochgehoben, die die Flaschen **10** mittels des Einrast-Verbinders **23** auf den Verschlüssen **20** aufnehmen. Die Flaschenstangen **51** bewegen sich nun durch die Beschichtungsstadien D bis G vorwärts.

[0142] Nach Beschichten wird die Haltevorrichtung **41** beim Stadium D zu den Flaschenstangen **51** hochgehoben, und die Flaschen **10** werden in die Haltevorrichtung **41** freigegeben. Die Haltevorrichtung **51** kehrt zur Evakuierungskammer **43** zurück, wo der Kragen **60** wieder angebracht wird und das Vakuum verringert wird. Die Haltevorrichtung **41** tritt zum Stadium B aus, wo sich der Hilfsgeräteeinbringer **61** abwärts bewegt, die Verschlüsse **20** durch den Einrast-Verbinder **23** greift, die Verschlüsse **20** aufschraubt und die Verschlüsse **20**, Antennen **30** und den Kragen **30** als eine einzige Einheit hochhebt, wobei der Kragen **60** durch die Verschlüsse **20** abgehoben wird, die in seiner Unterseite arretiert sind. Der Hilfsgeräteeinbringer **61** und die Schnelltrennschraubenzieher-Geräte umfassen herkömmliche Technologie und werden nicht weiter beschrieben.

[0143] **Fig. 5A** stellt Einzelheiten der Flaschenstangen, des Flaschendrehens und Flaschenförderns dar. Die Flaschenstangen **51** halten eine Mehrzahl von Flaschen **10** in einer Reihe. In **Fig. 5A** sind nur als ein Beispiel vier Flaschen **10** dargestellt. Eine Flaschenantriebswelle **70**, auf der Schneckenräder **71** angebracht sind, verläuft im Innern der Flaschenstangen **51** und ist durch Lager **72** an jedem Ende der Flaschenstange **51** aufgehängt. Der Verschluss **20** wirkt als Mittel zum Greifen des Halses der Flasche oder des Behälterkörpers **10**, um dazu beizutragen, sie/ihn auf der Flaschenstange **51** zu halten. Wie aus **Fig. 5B** ersichtlich ist, deckt dieser Verschluss **20** auch den Hals und/oder Gewindegänge des Behälterkörpers oder der Flasche **10** ab, wodurch eine Beschichtung dieses Bereichs des Behälterkörpers verhindert werden kann. Die Flaschenantriebswelle **70**, die auch in **Fig. 5B** dargestellt ist, wird durch Kegelschrauben **13** angetrieben und dreht sich durch Drehen der Einrast-Verbinder **23**, die mit einem Schraubenzieherendstück (nicht dargestellt) versehen sind, um dadurch als Mittel zum Drehen der Behälterkörper

oder Flaschen **10** während eines Transports durch die Vakuumkammer **50** zu wirken. Die Flaschenstange **51** ist an jedem Ende mit Trägerstangen **74** versehen, in denen sie sich frei drehen kann, was auf Lagerbuchsen **75** zurückzuführen ist. Die Trägerstangen **74** sind mit Trägerrädern **76** versehen, die in einem Paar von Trägerschienen **54** laufen. Die Flaschenstangen **51** werden mittels einer Antriebskette **77** gefördert, an der ein Sperrklinkenfinger **78** angebracht ist, der wiederum auf einen Verlängerungsarm **79** auf den Trägerstangen **74** auftrifft. Die Antriebskette **77** ist an einer Hauptwelle **80** angebracht, die durch einen Förderermotor **81** angetrieben wird. Ein Flaschedrehmotor **82** treibt ein Flaschedrehkettenrad **83** an, das mittels Lagerbuchsen **84** die Hauptwelle **80** hinauf-/hinabgleiten kann. Das Flaschedrehkettenrad **83** treibt eine Flaschedrehkette **85** an, die wiederum die Kegelräder **73** antreibt.

[0144] Die Flaschenstangen **51** sind an einem Führungsrad **90** angebracht, das in einer Führungsschiene **91** läuft. Diese Führungsschiene **91** kann die Flaschenstange **51** von einer Position, die die Flaschen **10** vertikal hält (wie dargestellt), in eine Position, die die Flaschen horizontal hält, drehen, und zwar indem das Führungsrad eine Rampe **92** an dem geeigneten Teil des Förderzyklus hinaufgeführt wird. Dieses Umschalten von einer vertikalen Ausrichtung in eine horizontale Ausrichtung erfolgt zwischen den Stadien F und G. Wenn die Flaschen oder Behälterkörper **10** horizontal ausgerichtet sind, drehen sich die Flaschen oder Behälterkörper **10** weiter ohne Unterbrechung mittels der Kegelräder **73**, während sich das Flaschedrehkettenrad **83** die Hauptwelle **80** hinaufbewegt, um sich der neuen Position der Kegelräder **73** anzupassen. Zuvor angegebene Staubschirme **93** schützen die Hauptteile des Antriebssystems.

[0145] **Fig. 6A** ist eine Ansicht einer Flaschenbewegung vorbei an der Quelle **1**, sowohl für eine Basisbeschichtung als auch eine Seitenwandbeschichtung. Die Flaschen **10** und Verschlüsse **20** werden im Basisbeschichtungs-Abschnitt **47** durch die Flaschenstangen **51** vertikal gehalten, die sowohl die Flaschen **10** als auch die Verschlüsse **20** kontinuierlich drehen. Nach einem Basisbeschichten werden die Flaschen **10** für Seitenwandbeschichtungen möglichst schnell in eine horizontale Position gedreht (d. h. mit einer minimalen Lücke zwischen dem Basisbeschichtungs-Abschnitt **47** und dem Seitenwandbeschichtungs-Abschnitt **48**). Die Flaschen drehen sich kontinuierlich während des gesamten Förderzyklus. Die Flaschenstangen **51** sind kompakt konstruiert, um einen Abstand zwischen Flaschenreihen in der horizontalen Position zu minimieren. Die Quellen **1** sind so positioniert, dass die benötigte Anzahl von Quellen **1** minimiert wird, sowie entsprechend den Kriterien, die in Verbindung mit **Fig. 1** erörtert wurden, aber mit einer gewissen Überlappung, wie in **Fig. 6B** dargestellt, um eine volle Beschichtungsabdeckung sicherzustellen. Die Staubschirme **93**, die zur Reinigung leicht entfernbar sind, schützen die

Maschinenteile gegen diejenigen Ablagerungen von der Quelle **1**, die nicht auf die Flasche **10** auftreffen. Streifenbürsten mit Staubschirmen werden verwendet, um wann immer möglich, die Hauptbeschichtungskammer der Vakuumkammer **50** von den Ketten, Motoren usw., die zum Transportieren der Flaschenstangen **51** verwendet werden, zu separieren. [0146] **Fig. 9** ist eine grafische Darstellung, die eine verbesserte Barrierenwirkung darstellt, wobei die Wichtigkeit einer Beschichtungszusammensetzung zu einer Gasbarriere dargestellt ist. Eine kleine Änderung in Zn, Cu oder Mg-Zusammensetzung kann eine große Wirkung auf die Barrierenverstärkung aufweisen.

[0147] Hochgeschwindigkeitssystem für große Mengen zum Beschichten von Kunststoffbehälterkörpern

Übersicht

[0148] Ein Hochgeschwindigkeitssystem für große Mengen **200** zum Beschichten von Kunststoffbehälterkörpern mit einer anorganischen Oxidbarrierenbeschichtung ist in den **Fig. 8A–16** veranschaulicht. Dieses Hochgeschwindigkeitssystem für große Mengen **200** schließt keine Quelle von Vorspannungsenergie ein, wie z. B. von einer RF- oder HF-Quelle in den zuvor beschriebenen Ausführungsformen, oder verwendet keine Flascheninnenantennen. Dieses Hochgeschwindigkeitssystem für große Mengen **200** ist jedoch nützlich, um dieselben Beschichtungen mit denselben Materialien auf demselben Typ von Kunststoffbehältern aufzubringen, wie bei dem zuvor beschriebenen und in **Fig. 1** veranschaulichten System. Zusätzlich arbeitet dieses Hochgeschwindigkeitssystem für große Mengen **200** unter im Wesentlichen denselben Parametern wie das zuvor beschriebene System mit der Ausnahme der Verwendung von Vorspannungsenergie in diesem System.

[0149] Allgemein beschrieben, umfasst das Hochgeschwindigkeitsbeschichtungssystem für große Mengen **200** eine kontinuierliche und automatische Behälterzufuhrvorrichtung **203** zum Abgeben von Kunststoffbehälterkörpern **204**, wie z. B. PET-Flaschen, an eine Vakuumkammer **206**, die einen kontinuierlichen und automatischen Förderer **209** und eine Quelle **212** von Beschichtungsdampf **215** beherbergt. Die Quelle **212** von Beschichtungsdampf wird auch als ein Verdampfersystem bezeichnet. Diese Basisbauteile werden in größerer Einzelheit nachstehend beschrieben.

Behälterzufuhrvorrichtung

[0150] Die Vakuumkammer **206** umfasst ein Gehäuse **218**, das ein Vakuum darin aufrechterhalten kann, und die Behälterzufuhrvorrichtung **203** steht mindestens teilweise in einem Durchlasstor **221** an einem Ende des Vakuumkammergehäuses drehbar im Eingriff. Die Behälterzufuhrvorrichtung **203** ist ein Dreh-

system, das kontinuierlich und automatisch unbeschichtete Kunststoffbehälterkörper von einer Quelle **224** von Kunststoffbehälterkörpern durch das Durchlasstor **221** im Vakuumkammergehäuse **218** zum Förderer **209** im Innern der Vakuumkammer **206** zuführt, während die Vakuumkammer ein Vakuum im Innern des Vakuumkammergehäuses aufrechterhält. Die Behälterzufuhrvorrichtung **203** führt die Kunststoffbehälterkörper **204** zur Vakuumkammer **206** mit einer hohen Geschwindigkeit und einer großen Menge zu. Die Behälterzufuhrvorrichtung **203** führt Kunststoffbehälterkörper mit einer Rate von bis zu 60000 Behälter pro Stunde zu, und das Beschichtungssystem **200** kann die Kunststoffbehälterkörper mit dieser Rate beschichten, würde aber normalerweise mit einer Rate beschichten, die durch eine Verkettung mit dem Flaschenherstellungssystem notwendig gemacht wird, gegenwärtig im Bereich von 20000 bis 40000 Flaschen pro Stunde. Zusätzlich gewinnt die Behälterzufuhrvorrichtung **203** beschichtete Kunststoffbehälterkörper **204** von dem Förderer **209** im Innern der Vakuumkammer **206** automatisch und kontinuierlich zurück und transportiert die beschichteten Kunststoffbehälterkörper zu einer Stelle außerhalb der Vakuumkammer, wie z. B. eine Getränkeverpackungsstraße **227**.

[0151] Ein erster Schneckenförderer **230** transportiert die unbeschichteten Kunststoffbehälterkörper **204** kontinuierlich und automatisch von der Quelle **224** der Behälterkörper in die Behälterzufuhrvorrichtung **203**, und ein zweiter Schneckenförderer **233** transportiert die resultierenden beschichteten Kunststoffkörper automatisch und kontinuierlich von der Behälterzufuhrvorrichtung in Richtung auf die Getränkeverpackungsstraße **227**. Dies ist am besten in den **Fig. 8A** und **8B** veranschaulicht. Die Behälterzufuhrvorrichtung **203** umfasst ein Zufuhrrad **236**, das im Vakuumkammerdurchlasstor **221** drehbar montiert ist, zum automatischen und kontinuierlichen Zuführen der unbeschichteten Kunststoffbehälterkörper **204** in die Vakuumkammer **206** und automatischen und kontinuierlichen Transportieren der beschichteten Kunststoffbehälterkörper aus der Vakuumkammer. Zusätzlich umfasst die Behälterzufuhrvorrichtung **203** auch eine erste äußere Drehzufuhrvorrichtung **239** zum automatischen und kontinuierlichen Zuführen der unbeschichteten Kunststoffbehälterkörper **204** vom ersten Schneckenförderer **230** zum Zufuhrrad **236** und eine erste innere Drehzufuhrvorrichtung **242** zum automatischen und kontinuierlichen Zuführen der unbeschichteten Kunststoffbehälterkörper vom Zufuhrrad zum Förderer **209**. Desgleichen umfasst die Behälterzufuhrvorrichtung **203** auch eine zweite innere Drehzufuhrvorrichtung **245** zum automatischen und kontinuierlichen Zuführen der beschichteten Kunststoffbehälterkörper **204** vom Förderer **209** zum Zufuhrrad **236** und eine zweite äußere Drehzufuhrvorrichtung **248** zum automatischen und kontinuierlichen Zuführen der beschichteten Kunststoffbehälterkörper vom Zufuhrrad zum zweiten

Schneckenförderer.

[0152] Wie am besten in den **Fig. 8A, 8B, 9A** und **9B** dargestellt, ist die Behälterzufuhrvorrichtung **203** an einen Zufuhrvorrichtungsrahmen **250** montiert, der eine große Trägerplatte **252** umfasst, die durch vier Beine **254** getragen wird, die an einer harten Oberfläche **256**, wie z. B. Beton, gesichert sind. Die Trägerplatte **252** des Zufuhrvorrichtungsrahmens **250** bildet den Boden eines Zufuhrradgehäuses **260**, das einen Teil des Vakuumkammerdurchlasstors **221** bildet. Das Zufuhrradgehäuse **260** umfasst auch eine kreisförmige obere Platte **262** und eine zylindrische Seitenwand **264**, die sich zwischen der Zufuhrvorrichtungsrahmenträgerplatte **252** und der oberen Platte erstreckt. Das Zufuhrrad **236** ist drehbar und abdichtend im Zufuhrradgehäuse **260** angeordnet.

[0153] Wie am besten in den **Fig. 11** und **12** dargestellt, umfasst das Zufuhrrad **236** eine mittige Nabe **268**, die mit Bolzen **273** an einer Welle **271** montiert ist. Die Welle **271** erstreckt sich vertikal durch einen unteren Führungsrahmen **274** unter dem Zufuhrvorrichtungsrahmen **250** und durch ein erstes Lager **276** in der Zufuhrvorrichtungsrahmenplatte **252** zu einem zweiten Lager **277** in der oberen Platte **262** des Zufuhrradgehäuses **260**. Ein Elektromotor, nicht dargestellt, treibt die Zufuhrradwelle **271** und dreht das Zufuhrrad **236** in einem Uhrzeigersinn, wie in **Fig. 11** dargestellt. Die Zufuhrradwelle **271** dreht sich im ersten und zweiten Lager **276** und **277**.

[0154] Das Zufuhrrad **236** umfasst auch eine periphere zylindrische Struktur **282**, die mit der mittigen Nabe **268** mit Speichen **285** verbunden ist. Das Zufuhrrad **236** weist eine Mehrzahl von Mundöffnungen **288** auf, die um die Peripherie **282** beabstandet sind, und die sich vom Zufuhrrad transversal nach außen öffnen. Jede von den Mundöffnungen **288** in der peripheren Struktur **282** des Zufuhrrads **236** erstreckt sich von einem oberen ringförmigen Rand **290** der peripheren Struktur zu einem unteren ringförmigen Rand **289** der peripheren Struktur. Das Zufuhrrad **236** bildet, obwohl es im Zufuhrradgehäuse drehbar montiert ist, eine dichte Abdichtung zwischen der peripheren Struktur **282** des Zufuhrrads und dem Inneren der zylindrischen Seitenwand **264** des Zufuhrradgehäuses **260**. Diese Abdichtung verhindert, dass Luft in die Vakuumkammer **206** leckt, selbst während sich das Zufuhrrad **236** dreht und die Kunststoffbehälterkörper **204** in die Vakuumkammer hinein zuführt und aus ihr heraus. Diese Abdichtung wird gebildet durch: ein Endlosdichtungselement **294**, das sich von einem Kanal etwas radial nach außen erstreckt, der entlang dem oberen ringförmigen Rand der peripheren Struktur **282** verläuft, ein Endlosdichtungselement **296**, das sich von einem Kanal radial nach außen erstreckt, der entlang dem unteren Rand **291** der peripheren Struktur verläuft, und eine Mehrzahl von Dichtungselementen **298**, die sich zwischen jeder Mundöffnung **288** in der peripheren Struktur vom oberen Endlosdichtungselement zum unteren Endlosdichtungselement erstrecken. Die vertikalen Dichtungse-

lemente **298** erstrecken sich von den vertikalen Kanälen in der peripheren Struktur **288** des Zufuhrrads **236** zwischen den Zufuhrradmundöffnungen **288** radial nach außen. Jedes von den Dichtungselementen **294**, **296** und **298** umfasst Streifen von kautschukartigem Dichtungsmaterial, das eng gegen das Innere der zylindrischen Seitenwand **254** des Zufuhrradgehäuses **260** anliegt. Geeignetes Dichtungsmaterial ist ein strapazierfähiges Material mit friktionsarmen Eigenschaften, wobei ein Beispiel eine geeignete Güteklasse von Polytetrafluorethylen ist.

[0155] Die Mundöffnungen **288** des Zufuhrrads **236** empfangen unbeschichtete Kunststoffbehälterkörper **204** von der ersten äußeren Drehzufuhrvorrichtung **239** und führen beschichtete Kunststoffbehälterkörper zu der zweiten äußeren Drehzufuhrvorrichtung **248** durch eine äußere Öffnung **300** im Zufuhrradgehäuse **260** zu, wie in Fig. 9B dargestellt. Die Mundöffnungen **288** des Zufuhrrads **236** führen unbeschichtete Kunststoffbehälterkörper **204** zur ersten inneren Drehzufuhrvorrichtung **242** im Innern der Vakuumkammer **203** zu und empfangen beschichtete Kunststoffbehälterkörper von der zweiten inneren Drehzufuhrvorrichtung **245** durch eine andere Öffnung **303** im Zufuhrradgehäuse **260**, die dem Innern der Vakuumkammer **206** zugekehrt ist. Dies ist am besten in Fig. 12 dargestellt. Greifklemmen **305** sind in jeder der Zufuhrradmundöffnungen **288** angeordnet, um die Hälse der Behälterkörper **204** zu greifen, während die Behälterkörper durch das Zufuhrrad **236** transportiert werden.

[0156] Vakuummundöffnungen **308** sind zwischen den Öffnungen **300** und **303** in dem Zufuhrradgehäuse **260** mit der zylindrischen Seitenwand **264** des Zufuhrradgehäuses **260** verbunden und sind mit Vakuumpumpen **310** verbunden, die Luft aus den Zufuhrradmundöffnungen **288** evakuieren, wenn das Zufuhrrad unbeschichtete Kunststoffbehälter **204** von der ersten äußeren Drehzufuhrvorrichtung **239** in die Vakuumkammer **206** trägt. Deshalb sind, wenn die Zufuhrradmundöffnungen **288** dem Vakuum im Innern in der Vakuumkammer **206** ausgesetzt werden, die Zufuhrradmundöffnungen im Wesentlichen evakuiert. Luftzufuhrmundöffnungen **311** sind zwischen der zweiten inneren Drehzufuhrvorrichtung **245** und der zweiten äußeren Drehzufuhrvorrichtung **248** mit dem Zufuhrradgehäuse **260** verbunden, um Luft zu den Mundöffnungen **288** und dem Zufuhrrad **236** zuzuführen, um die Mundöffnungen und die beschichteten Behälter **204** wieder mit Luft unter Druck zu setzen, wenn die beschichteten Behälterkörper von der zweiten inneren Drehzufuhrvorrichtung zu der zweiten äußeren Drehzufuhrvorrichtung transportiert werden.

[0157] Die unbeschichteten Kunststoffbehälterkörper **204** werden durch eine Verschließmaschine oder Verschließvorrichtung (nicht dargestellt) mit Verschließungen **312** versehen und abgedichtet, und dann teilweise evakuiert, wenn das Zufuhrrad **236** die unbeschichteten Kunststoffbehälterkörper von der ers-

ten äußeren Drehzufuhrvorrichtung **239** in die Vakuumkammer **206** transportiert. Die Verschlüsse **312** weisen eine Struktur auf, die denjenigen ähnelt, die im Hinblick auf die in Fig. 1 veranschaulichte Ausführungsform beschrieben sind, und wirken, um das Gewindeende des Behälterkörpers **204** gegen die Beschichtungsdämpfe abzudichten, um ein Verfahren zum Anbringen der Behälterkörper am Förderer **209** bereitzustellen und um den Druck im Innern des Behälterkörpers steuern. Die Verschlüsse **312** passen eng über die Gewindeöffnung oder Zubehörteil der Kunststoffbehälterkörper **204** und enthalten ein eisenhaltiges Metallelement, so dass die Kunststoffbehälterkörper durch den Förderer **209** magnetisch getragen werden können. Wünschenswerterweise enthalten die Kunststoffbehälterkörper **204** genug Luft, während sie sich durch die Vakuumkammer **206** bewegen, so dass die Behälterkörper mit Druck beaufschlagt sind, verglichen mit der umgebenden Umgebung im Innern der Vakuumkammer.

[0158] Die erste äußere Drehzufuhrvorrichtung **239** ist außerhalb der Vakuumkammer **206** zwischen dem ersten Schneckenförderer **230** und dem Zufuhrrad **236** drehbar am Zufuhrvorrichtungsrahmen **250** montiert. Wie am besten in den Fig. 13 und 14 dargestellt, umfasst die erste äußere Drehzufuhrvorrichtung **239** eine drehbare Nabe **350**, die auf einer Welle **353** montiert ist, die durch einen Motor synchron mit dem Zufuhrrad **236** angetrieben wird. Die erste äußere Drehzufuhrvorrichtung **239** umfasst auch ein stationäres Lager **356**, in dem sich die Nabe **350** dreht. Die mit der Nabe **350** verbundene Welle **353** erstreckt sich durch die untere Rahmenführung **274** und Trägerplatte **252** des Zufuhrvorrichtungsrahmens **250**, durch einen Zylinder **359**, der das stationäre Lager an der Trägerplatte **252** des Zufuhrvorrichtungsrahmens montieren lässt, zum stationären Lager **356**. Ein Bolzen **362** bringt einen Flansch an das obere Ende der Welle **353** an, und ein Verschluss **365** ist über dem stationären Lager **356** am Flansch gesichert. Das stationäre Lager **356** ist mit Bolzen **368** an der Zylinderhalterung **359** montiert.

[0159] Das stationäre Lager **356** umfasst eine am Trägerzylinder **359** montierte untere Platte **271** und eine von der unteren Platte beabstandete und am Zufuhrradgehäuse **260** montierte obere Platte **374**. Dies ist am besten in den Fig. 9B und 13 dargestellt. Die Nabe **350** dreht sich zwischen der unteren Platte **271** und der oberen Platte **374** des stationären Lagers **356** und weist einen radial zugekehrten ringförmigen Kanal **377** auf. Eine Mehrzahl von Drehzapfen **380** sind vertikal im ringförmigen Kanal **377** montiert und sind um den Umfang der Nabe **350** beabstandet. Behälterkörperhandhabungsarme **383** sind an den Drehzapfen **380** schwenkbar montiert und erstrecken sich von der Nabe **350** radial nach außen.

[0160] Jeder der Behälterkörperhandhabungsarme **383** umfasst einen Halter **386**, der an den Drehzapfen **380** schwenkbar montiert ist, und einen hin- und herbewegbaren Fortsatz **389**, der mit dem Halter **380**

verschiebbar im Eingriff steht, so dass sich der hin- und herbewegbare Fortsatz radial nach außen erstrecken kann und alternativ nach innen, wenn sich die Nabe **350** dreht. Jeder von den Armen **383** umfasst auch eine Greifklemme **392**, die am distalen Ende des hin- und herbewegbaren Fortsatzes **389** mit einem Bolzen **393** montiert ist. Die Greifklemmen **392** sind nützlich zum Greifen des Halses der Behälterkörper und Halten der Behälterkörper, während die Arme die Behälterkörper tragen. Jeder hin- und herbewegbare Fortsatz **389** umfasst Führungstifte **396**, die am Fortsatz montiert sind und sich nach oben erstrecken, wobei sie mit Aussparungen oder Bahnen **403** in der Unterseite der oberen Platte **374** des stationären Lagers **356** in Eingriff treten. Die Bahnen **403** bewirken durch die Führungsstifte **396**, dass sich die Fortsätze **389** der Arme **383** hin- und herbewegen und seitwärts bewegen. Die Bahnen **403** sind so konstruiert, dass sie die Arme **383** lenken, wenn sich die Zufuhrvorrichtungsnabe **350** dreht, so dass sich die Arme ausstrecken und die Kunststoffbehälterkörper **204** von dem ersten Schneckenförderer **230** greifen und dann die Behälterkörper in die Zufuhradmundöffnungen **288** einsetzen. Die sich vom Zufuhrad **236** erstreckenden Greifklemmen **305** halten die Hälse der Behälterkörper **204** fester als die Greifklemmen **392** der ersten äußeren Zufuhrvorrichtung **239** fest und ziehen die Behälterkörper weg von der ersten äußeren Zufuhrvorrichtung, wenn sich die Arme der ersten äußeren Zufuhrvorrichtung vorbei am Zufuhrad drehen. Die Fortsätze **389** der ersten Fortsatz-Zufuhrvorrichtungsarme **383** bewegen sich nach innen und verschieben sich seitwärts, je nach Bedarf, um unerwünschte Zusammenstöße zu vermeiden.

[0161] Die erste innere Drehzufuhrvorrichtung **242**, die zweite innere Drehzufuhrvorrichtung **245** und die zweite äußere Drehzufuhrvorrichtung **248** weisen dieselbe Struktur und Funktion wie die erste äußere Drehzufuhrvorrichtung **239** auf. Die zweite äußere Drehzufuhrvorrichtung **248** ist auch am Zufuhrvorrichtungsrahmen **250** und dem Zufuhradgehäuse **260** montiert und ist zwischen dem Zufuhrad **236** und dem zweiten Schneckenförderer **233** positioniert. Die erste innere Drehzufuhrvorrichtung **242** ist am Zufuhrvorrichtungsrahmen **250** in einem Teil **406** des Vakuummammergehäuses **218**, das als das innere Zufuhrvorrichtungsgehäuse bezeichnet wird, montiert, das sich zwischen dem Zufuhradgehäuse **260** und dem Förderer **209** erstreckt. Die erste innere Drehzufuhrvorrichtung **242** ist auch am Zufuhradgehäuse **260** montiert. Die erste innere Drehzufuhrvorrichtung **242** ist so positioniert, dass die Arme **383** der ersten inneren Drehzufuhrvorrichtung die Behälterkörper **204** von den Mundöffnungen **288** und Zufuhrad **236** greifen, wenn die Behälterkörper in das innere Zufuhrvorrichtungsgehäuse **406** eintreten. Die Arme der ersten inneren Zufuhrvorrichtung **242** transportieren die unbeschichteten Behälterkörper **204** zum Förderer **209**. Die zweite innere Drehzufuhr-

vorrichtung **245** ist benachbart zur ersten inneren Drehzufuhrvorrichtung **242** im inneren Zufuhrvorrichtungsgehäuse **406** positioniert und ist am Zufuhrvorrichtungsrahmen **250** und dem Zufuhradgehäuse **260** montiert. Die Arme **383** des zweiten inneren Drehgehäuses **245** greifen die beschichteten Behälterkörper **204** vom Förderer **209** und setzen die beschichteten Behälterkörper in die Mundöffnungen **288** des Zufuhrads **236** ein.

Vakuummammer

[0162] Die Vakuummammer **206** umfasst das Vakuummammergehäuse **218** und kann ein sehr hohes Vakuum im Vakuummammergehäuse **218** aufrechterhalten. Wünschenswerterweise wird der Beschichtungsprozess im Innern des Vakuummammergehäuses **218** bei einem Druck im Bereich von etwa 1×10^{-4} mBar bis etwa 50×10^{-4} mBar durchgeführt, und bevorzugter von etwa 2×10^{-4} mBar bis etwa 10×10^{-4} mBar. Das Vakuummammergehäuse **218** umfasst das Zufuhradgehäuse **260** und das innere Zufuhrvorrichtungsgehäuse **406**, die beide das Vakuummammerdurchlasstor **221** bilden, und umfasst auch ein Beschichtungsgehäuse **409**, das den Rest des Vakuummammergehäuses bildet. Das Vakuummammergehäuse **218** ist aus einem Material, wie z. B. Edelstahl, hergestellt, das die Hochvakua aushalten kann, die im Innern des Gehäuses erzeugt werden. Das Beschichtungsgehäuse **409** umfasst einen langgestreckten Zylinder **410**, der sich zwischen einer vorderen Endplatte **412** und einer hinteren Endplatte **415** erstreckt. Jeder von den Bauteilen des Vakuummammergehäuses **218** ist mit einer luftdichten Abdichtung verbunden, die das Hochvakuum im Innern des Gehäuses aushalten kann. Das innere Zufuhrvorrichtungsgehäuse **406** ist entfernbar an der vorderen Endplatte **412** des Beschichtungsgehäuses **409** angebracht.

[0163] Das Beschichtungsgehäuse **409** ist auf einem Rahmen **418** montiert, der unter dem Beschichtungsgehäuse angeordnet ist. Der Beschichtungsgehäuserahmen **418** wiederum ist auf Rädern **421** auf einer Bahn **424** montiert, die an der harten Oberfläche **256** befestigt ist. Das Beschichtungsgehäuse **409** kann deshalb vom Durchlasstor **221** separiert werden, indem das Durchlasstor vom Beschichtungsgehäuse losgelöst wird und das Beschichtungsgehäuse entlang der Bahn **424** verschoben wird. Dies gewährt einen Zugriff auf die Ausrüstung im Innern der Vakuummammer **206** für Wartung und Reparatur. Ein Motor **425** bewegt das Beschichtungsgehäuse **409** entlang der Bahn **424**.

[0164] Ein Gehäuse **427** enthält eine Apparatur zur Entfernung der inneren Ausrüstung aus dem Beschichtungsgehäuse **409** und ist an der hinteren Endplatte **412** des Beschichtungsgehäuses angebracht. Ein Paar von Diffusionspumpen **430**, die mit dem Beschichtungsgehäuse **409** verbunden sind, sind in Reihe mit einer Vakuumpumpe **433** verbunden, um

das Vakuum im Innern der Vakuumkammer **206** aufrechtzuerhalten. Eine außerhalb der Vakuumkammer **206** positionierte Kryokühlvorrichtung **436** kühlt einen in **Fig. 10** dargestellten Kondensator **437** im Innern der Vakuumkammer **206**. Der Kondensator **437** kondensiert und lässt jegliches Wasser im Innern der Vakuumkammer **206** gefrieren, um die Menge an Wasser zu verringern, die durch die Vakuumpumpen zu entfernen ist.

Förderer

[0165] Der am besten in **Fig. 10** dargestellte Förderer **209** umfasst einen im Allgemeinen A-förmigen Rahmen **439**, der entlang Schienen **442** verschiebbar montiert ist, die sich in Längsrichtung entlang gegenüberliegenden inneren Seiten des Beschichtungsgehäusezylinders **410** erstrecken. Der Fördererrahmen **439** ist über der Beschichtungsdampfquelle **212** montiert, so dass der Förderer **209** die Kunststoffbehälterkörper **204** über der Beschichtungsdampfquelle transportiert. Der Fördererrahmen **439** bildet eine Endlosdoppelschleifenbahn **445**, die einer Wäscheklammerkonfiguration ähnelt. Die Endlosdoppelschleifenbahn **445** des Förderers umfasst eine äußere untere Schleife **448** und eine innere obere Schleife **451**. Eine Endlosschiene **454** läuft entlang der unteren und oberen Schleife **448** und **451**. Behälterhaltevorrichtungen **457** bewegen sich entlang der Endlosschiene **454**, um die Behälterkörper viermal über die Beschichtungsdampfquelle **212** zu transportieren, wobei zweimal die Seiten der Behälterkörper der Beschichtungsdampfquelle zugekehrt sind und wobei zweimal die Böden der Behälterkörper der Beschichtungsdampfquelle zugekehrt sind. Die Seiten der Behälterkörper **204** sind der Beschichtungsdampfquelle zugekehrt, wenn sie sich entlang der äußeren unteren Schleife **448** bewegen, und die Böden der Behälterkörper sind der Beschichtungsdampfquelle zugekehrt, wenn die Behälterkörper entlang der inneren oberen Schleife **451** transportiert werden. Die **Fig. 8A** und **8B** zeigen aus Gründen der Veranschaulichung nicht sämtliche Behälterhaltevorrichtungen **457**. Die Behälterhaltevorrichtungen **457** erstrecken sich wünschenswerterweise vollständig um die Endlosdoppelschleifenbahn **445**. Die **Fig. 9A** und **9B** stellen die Behälterhaltevorrichtungen **457** oder die Behälterkörper **204** nicht dar.

[0166] Der in **Fig. 10** dargestellte Fördererrahmen **439** umfasst eine obere Platte **460**, die sich im Wesentlichen die Länge des Beschichtungsgehäuses **409** erstreckt, und gegenüberliegende Seitenwände **463**, die sich von entgegengesetzten Längsrändern der oberen Platte nach unten erstrecken und dann nach außen zu distalen unteren Rändern **466**. Die Schiene **454** läuft entlang dem unteren Rand **466** der Seitenwände **463**, um die äußere Schleife **448** zu bilden. Entlang der äußeren Schleife **448** ist die Schiene **454** nach oben und nach innen gewinkelt, um die Behälterkörper etwas nach oben und nach innen aus-

zurichten, so dass die Seiten der Behälterkörper der Beschichtungsdampfquelle **212** zugekehrt sind. Ein Paar von Trägern **469** erstreckt sich horizontal und nach innen in Richtung aufeinander zu von den entgegengesetzten Seitenwänden **463** des Fördererrahmens **439** in der Nähe der oberen Platte **460** des Fördererrahmens. Die Fördererschiene **454** läuft entlang dieser horizontalen Träger **469**, um die innere Schleife **451** der Endlosdoppelschleifenbahn **445** zu bilden. Entlang der inneren Schleife **451** ist die Schiene **454** vertikal ausgerichtet, so dass die Behälterkörper **204** im Wesentlichen vertikal ausgerichtet sind, wobei die Böden der Behälterkörper der Beschichtungsdampfquelle **212** zugekehrt sind. Ein Paar von Platten **472** erstrecken sich im Wesentlichen horizontal zwischen der oberen Platte **460** und den Trägern **469** und weisen Ausparungen **479** auf, die in Längsrichtung verlaufen, um den Behälterhaltevorrichtungen **457** Stabilität zu verleihen, wenn die Haltevorrichtungen entlang der inneren Schleife **451** laufen.

[0167] Ein Staubschutzschild **478** ist am Fördererrahmen **439** montiert und erstreckt sich vom Fördererrahmen entlang den Seitenwänden **463** des Fördererrahmens nach unten und nach außen zu den Seitenwänden des Beschichtungsgehäusezylinders **410**. Diese Abschirmung **478** separiert folglich das Behältergehäuse **409** in einen oberen Teilraum **482** und einen unteren Teilraum **483**, wobei der Beschichtungsdampf **215** von der Beschichtungsdampfquelle **212** im Wesentlichen auf den unteren Teilraum beschränkt ist. Die Behälterhaltevorrichtungen **457** treten durch eine Ausparung in der Abschirmung durch, wenn sich die Behälterhaltevorrichtungen entlang den Förderern **209** bewegen.

[0168] Jede Behälterhaltevorrichtung **457** umfasst einen Arm **484**, einen Vorsprung **487**, der sich von einem Ende des Arms erstreckt, ein Paar von am Arm montierten beabstandeten Rädern **490** benachbart zum Vorsprung und einen magnetischen Behälterhaltevorrichtungs- und Behälterdrehmechanismus **493** an einem entgegengesetzten Ende des Arms. Der Vorsprung **487** bewegt sich durch die Ausparungen **475** in den horizontalen Trägerplatten **472** des Fördererrahmens **439**. Die beabstandeten Räder **490** treten mit der Endlosschiene **454** der Fördererbahn **445** in Eingriff. Die magnetische Behälterhaltevorrichtung **493** umfasst einen Magneten, der die Verschlüsse **312**, die auf den Gewindeenden oder Zubehörteilen der Kunststoffbehälterkörper **204** platziert sind, zieht und hält. Diese Magnetkraft hält die Behälterkörper **204** während des gesamten Beschichtungsprozesses an den Behälterhaltevorrichtungen **457**. Die Haltevorrichtung **457** dreht die Behälterkörper **204** beständig, während die Behälterkörper durch das Behältergehäuse **409** gefördert werden.

[0169] Der ganze Förderer **209** kann vom Beschichtungsgehäuse **409** nach außen verschoben werden, indem der Fördererrahmen **439** entlang den am Beschichtungsgehäuse montierten Schienen **442** verschoben wird, nachdem das Beschichtungsgehäuse

entlang der Beschichtungsgehäuseträgerbahn **424** zurückgezogen worden ist.

Verdampfersystem zur Erzeugung von Beschichtungs- dampf

[0170] Die Beschichtungsdampfquelle **212** umfasst vier Verdampfer **510** in Reihe entlang der Länge des Beschichtungsgehäuses **409** unter dem Förderer **209**. Die Verdampfer **510** sind auf einem langgestreckten Hohlstützträger **513** montiert. Der Stützträger **513** ist wiederum auf Rollen **516** auf einer Bahn **519** montiert, die entlang dem Boden des Beschichtungsgehäuses **409** verläuft. Die Verdampfer **510** können folglich aus dem Beschichtungsgehäuse **409** herausgerollt werden, wenn das Beschichtungsgehäuse vom Vakuumkammerdurchlassstor **221** separiert ist. Dies macht die Verdampfer **510** für Reparatur und Wartung zugänglich.

[0171] Die Verdampfer **510** ähneln dem in der zuvor beschriebenen Ausführungsform verwendeten und in **Fig. 1** veranschaulichten Verdampfer **1**. Die Verdampfer **510** im Hochgeschwindigkeitssystem für große Mengen **200** arbeiten bei im Wesentlichen denselben Parametern wie der Verdampfer **1** in den zuvor beschriebenen Ausführungsformen. Jeder Verdampfer **510** umfasst ein Aufnahmebehältnis **524**, das ein verdampfbares Material enthält, wobei das Aufnahmebehältnis aus einem geeigneten Material konstruiert ist, z. B. Kohlenstoff, wenn Silicium verdampft wird. Eine Eignung des Materials für das Aufnahmebehältnis **524** wird in erster Linie durch ein Vermögen, die erforderliche Temperatur auszuhalten, um das Beschichtungsmaterial zu schmelzen und zu verdampfen, und durch seine Reaktionsträgheit gegenüber dem Beschichtungsmaterial bestimmt. Jeder Verdampfer **510** umfasst eine kalte Kathode **521**, und das Aufnahmebehältnis ist elektrisch als eine Anode angeschlossen. Die Kathode **521** umfasst wünschenswerterweise Messing oder Magnesium, kann aber auch aus anderen Komponenten hergestellt sein, vorzugsweise Metallen, die als die glasbildenden Metallzusatzmittel nützlich sind, die verdampfen und Teil der anorganischen Oxidschicht auf den Behälterkörpern **204** bilden. Geeignete Zusatzmittel sind vorstehend beschrieben. Das Aufnahmebehältnis **524** wird durch geeignete Mittel separat beheizt, wie z. B. Induktionsoder Widerstandsheizern. **Fig. 10** veranschaulicht eine Stromleitung **530** zur Anode. Die Stromleitung zur Kathode **521** ist nicht dargestellt.

[0172] Jeder Verdampfer **510** umfasst ein Gehäuse **533**, das die Anode **524** und das Aufnahmebehältnis für verdampfbares Festkörper **527** enthält. Zusätzlich enthält das Gehäuse **533** einen Heizer zum Heizen des Aufnahmebehältnisses **527** auf sehr hohe Temperaturen, 1200° bis 1800°C. Ein geeigneter Heizer ist ein Kohlenstofffilz-widerstandsheizern. Silicium wird z. B. in einem Aufnahmebehältnis auf eine Temperatur von etwa 1500°C erhitzt. Die Elektronenkanone

oder kalte Kathode **521** ist so positioniert, dass sie das verdampfbares Material im Aufnahmebehältnis **527** weiter heizt und einen Plasmadampf erzeugt, der durch eine Öffnung **538** im Gehäuse ausgestoßen wird. Der Widerstandsheizern **536** wird elektrisch durch Stromleitungen **541**, die sich durch den Stützträger **513** erstrecken, mit Energie versorgt.

[0173] Ein schwenkbar montiertes Staubschutzschild **544** ist über den Verdampfern **510** selektiv positionierbar, um die Verdampfer gegen Beschichtungspartikeln zu schützen, die nicht an den Behälterkörpern **204** haften, und ist alternativ in eine untere Position positionierbar, wobei die Verdampfer freigelegt werden.

[0174] Der Beschichtungswinkel des Plasmadampfs, der durch die Verdampfer **510** ausgestoßen wird, beträgt wünschenswerterweise 30 bis 60°, wie bei der vorherigen Ausführungsform beschrieben. Der Abstand zwischen den Verdampfern **510** und den Behälterkörpern **204** beträgt wie bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform wünschenswerterweise 0,5 bis 2 m.

Betrieb des Hochgeschwindigkeitsbeschichtungs- systems für große Mengen

[0175] Allgemein beschrieben, werden die Kunststoffbehälterkörper **204** mit einer anorganischen Oxidbeschichtung, wie z. B. Siliciumdioxid, beschichtet, indem die Behälterkörper mit der Behälterzufuhrvorrichtung **203** automatisch und kontinuierlich zur Vakuumkammer **206** zugeführt werden, wobei die Behälterkörper mit dem Förderer **209** über die Beschichtungsdampfquelle **212** durch die Vakuumkammer gefördert werden und die beschichteten Behälterkörper mit der Behälterzufuhrvorrichtung aus der Vakuumkammer herausgenommen werden.

[0176] Genauer gesagt, bevor die Kunststoffbehälterkörper **204** mit dem Hochgeschwindigkeitssystem für große Mengen **200** beschichtet werden, werden die Verdampferaufnahmebehältnisse **527** mit einem verdampfbares Material beladen, wie z. B. Silicium, und die Luft in der Vakuumkammer **206** wird auf einen Druck von etwa 2×10^{-4} mBar evakuiert. Sauerstoff wird durch geeignete Gaseinlässe in die Vakuumkammer **206** zugeführt.

[0177] Unbeschichtete Kunststoffbehälterkörper **204** werden von einer Quelle **224** von Behälterkörpern, wie z. B. einer Kunststoffbehälterblasformgebungsstraße, zur Behälterzufuhrvorrichtung **203** zugeführt. Die unbeschichteten Behälterkörper **204** werden durch den ersten Schneckenförderer **230** zur ersten äußeren Drehzufuhrvorrichtung **239** gefördert, die die unbeschichteten Behälterkörper durch die äußere Öffnung **203** im Vakuumkammerdurchlassstor **221** in einzelne Mundöffnungen **288** im Zufuhrtrahnen **236** transportiert. Die Mundöffnungen **288** werden evakuiert, wenn die unbeschichteten Behälterkörper **204** durch das Zufuhrtrahnen **236** zur ersten inneren Drehzufuhrvorrichtung **242** transportiert werden. Die

erste innere Drehzufuhrvorrichtung **242** greift die unbeschichteten Behälterkörper **204** und transportiert sie zum Förderer **209**.

[0178] Die unbeschichteten Behälter werden mit der Verschleißmaschine **314** mit den magnetischen Lüftungsverschlüssen **312** versehen. Die Verschlüsse **312** ermöglichen, dass die Behälterkörper in der Hochvakuumumgebung der Vakuumkammer **206** etwas mit Druck beaufschlagt bleiben.

[0179] Die durch den Förderer **209** getragenen Behälterhaltevorrichtungen **457** haften magnetisch an den Behälterkörperverschlüssen **312** und tragen die Behälterkörper viermal durch das Beschichtungsgehäuse **409** über die Verdampfer **510** hin und her. Die Behälterhaltevorrichtungen **457** sind vertikal ausgerichtet, wenn sie zu Beginn die Behälterkörper aufnehmen. Die Behälterhaltevorrichtungen **457** und die verbundenen Behälterkörper **204** werden neu ausgerichtet, wenn sich die Behälterhaltevorrichtungen **457** entlang der Endlosfördererschiene **454** bewegen. Das Silicium in den Verdampferaufnahmebehältnissen **527** wird durch die Widerstandsheizter **536** und die Verdampfer **510** und die verbundenen kalten Kathoden **521** erhitzt. Dies erzeugt einen Plasmadampf, der verdampftes Silicium und kleine Mengen von verdampften Metallzusatzmitteln umfasst, wie z. B. Zink, Kupfer oder Magnesium, die von den kalten Kathoden **521** selbst verdampft werden. Wenn die Behälterkörper **204** über die Verdampfer **510** hinwegtreten, lagert sich das Material im Plasmadampf auf der äußeren Oberfläche der Behälterkörper ab und reagiert mit dem Sauerstoff im Beschichtungsgehäuse **409**, um eine dünne haltbare anorganische Oxidschicht auf der äußeren Oberfläche der Behälterkörper zu bilden. Die Verschlüsse **312** auf den Gewindeöffnungen oder Zubehörteilen der Behälterkörper lassen die Gewindeöffnungen oder Zubehörteile unbeschichtet.

[0180] Die Fördererschiene **454** trägt zuerst die Behälterkörper **204** bei einem ersten Hinwegtreten über die Verdampfer **510**, wobei die Seiten der Behälterkörper den Verdampfern zugekehrt sind. Die Behälterhaltevorrichtungen **457** drehen beständig die Behälterkörper **204** während des gesamten Förder- und Beschichtungsprozesses. Als nächstes tragen die Behälterhaltevorrichtungen **457** die Behälterkörper **204** entlang einer Seite der inneren Schleife **451** auf der Fördererschiene **454** bei einem zweiten Hinwegtreten über die Verdampfer **510**. Bei dem zweiten Hinwegtreten sind die Behälterhaltevorrichtungen **457** und Behälterkörper **204** vertikal ausgerichtet, wobei der Boden der Behälterkörper den Verdampfern **510** zugekehrt ist, um den Boden der Behälterkörper zu beschichten. Als nächstes folgen die Behälterhaltevorrichtungen **457** der Fördererschiene **454** entlang der anderen Seite der inneren Schleife **451** bei einem dritten Hinwegtreten über die Verdampfer **510**. Ähnlich wie beim zweiten Hinwegtreten sind die Behälterhaltevorrichtungen **457** und Behälterkörper **204** vertikal ausgerichtet, wobei die Böden

der Behälterkörper den Verdampfern **510** zugekehrt sind. Bei dem vierten und letzten Hinwegtreten über die Verdampfer **510** folgen die Behälterhaltevorrichtungen **457** der Fördererschiene **454** entlang der anderen Seite der äußeren Schleife **448**. Bei diesem vierten Hinwegtreten richtet die Fördererschiene **454** die Behälterhaltevorrichtungen **457** und die Behälterkörper **204** neu aus, so dass die Seiten der Behälterkörper den Verdampfern **510** zugekehrt sind.

[0181] Die beschichteten Behälterkörper **204** werden dann zur vertikalen Position zurückgeführt und durch die Arme **383** der zweiten inneren Drehzufuhrvorrichtung **245** gegriffen. Die zweite innere Drehzufuhrvorrichtung **245** transportiert die beschichteten Behälterkörper **204** zu den Mundöffnungen **288** im Drehzufuhr **236**. Das Zufuhr **236** transportiert die beschichteten Behälterkörper **204** zur zweiten äußeren Behälterzufuhrvorrichtung **248**, während die Luftzufuhrmündungen **311** die Zufuhrmündungen **288** wieder mit Druck beaufschlagen. Die zweite äußere Drehzufuhrvorrichtung **248** greift die beschichteten Behälterkörper von den Mundöffnungen **288** des Zufuhr **236** durch die äußere Öffnung **300** und transportiert die beschichteten Behälterkörper **204** zum zweiten Schneckenförderer **233**, der die beschichteten Behälterkörper in Richtung auf die Getränkeverpackungsstraße **227** fördert.

[0182] Die Getränkeverpackungsstraße **227** kann ein herkömmlicher Getränkebefüll- und Abdichtungsprozess sein. Die beschichteten Behälterkörper werden zuerst mit einem Getränk befüllt und dann abgedichtet. Die Behälter können mit den verschiedensten Getränken befüllt werden, einschließlich alkoholischen Getränken, wie z. B. Bier, und alkoholfreien Getränken, wie z. B. Kohlensäurehaltige Getränke, Wasser, Säfte, Sportgetränke und dergleichen. Die Getränke können unter Druck im Behälter abgedichtet werden. Kohlensäurehaltige Getränke werden z. B. unter Druck abgedichtet. Die gemäß dieser Erfindung hergestellten Behälter liefern eine Barriere gegen Kohlendioxid und halten deshalb Kohlendioxid im Kohlensäuregetränkebehälter.

RECYCLING

[0183] Die beschichteten Behälter dieser vorstehend beschriebenen Erfindung sind besonders zum Recycling geeignet. Eine Ausführungsform dieser Erfindung umfasst dafür ein Verfahren zum Erzeugen von Kunststoff mit Recyclinganteil, umfassend die Schritte: Bereitstellen einer Charge Kunststoff, wobei mindestens ein Teil der Charge Kunststoff beschichtete Kunststoffbehälter umfasst, und Umwandeln der Charge Kunststoff in eine Form, die zur Schmelzextrusion geeignet ist. Die beschichteten Kunststoffbehälter zum Recycling umfassen einen Kunststoffbehälterkörper mit einer äußeren Oberfläche und eine Schicht auf der äußeren Oberfläche, die ein anorganisches Oxid umfasst. Zwei geeignete Recyclingprozesse werden in größerer Einzelheit nachstehend

beschrieben.

[0184] **Fig. 15** ist ein Flussdiagramm, das einen physikalischen Recyclingprozess veranschaulicht. Beim Recycling werden für Kunststoffbehälter normalerweise entweder ein physikalisches Recycling oder chemisches Recycling durchgeführt. Beim physikalischen Recycling wird eine Charge Kunststoff bereitgestellt, wie in Schritt 100 angegeben. Während dieser Kunststoff einen einzigen Typ von Gegenstand umfassen kann, wird es in Erwägung gezogen, dass sowohl beschichtete als auch unbeschichtete Kunststoffe bereitgestellt werden. Bei einem herkömmlichen Prozess, der in Schritt 102 angegeben ist, müssen diese beschichteten und unbeschichteten Kunststoffe separiert werden. Das kann ein arbeitsaufwendiger Schritt sein und führt zu erhöhten Kosten für das Recycling.

[0185] Mit der vorliegenden Erfindung mindestens in ihren bevorzugten Formen kann dieser Separationsschritt 102 vermieden werden. Insbesondere zeigt Schritt 104 ein Mischen von beschichteten und unbeschichteten Behältern an. Während dieser Schritt zweifellos an der Recyclingstation vorgenommen werden kann, wird es in Erwägung gezogen, dass das tatsächliche Mischen vor der Ankunft des Kunststoffs an der Recyclingstation stattfinden könnte. Z. B., wenn der Kunststoff durch ein Müllfahrzeug aufgenommen wird und zum Recyclingcenter gebracht wird, könnte ein solches Mischen dann erfolgen. Ein Vorteil der vorliegenden Ausführungsform besteht darin, dass wenn zu recycelnder Kunststoff mit beschichtetem Kunststoff, der mit nicht-beschichtetem Kunststoff vorliegt, gemischt wird, eine Separation von diesen zwei Kunststoffen unnötig ist. In der Praxis ist dies tatsächlich unausführbar. Demgemäß ist, wenn beschichtete Behälter in den Recyclingstrom eingeführt werden, der Recyclingprozess unbeeinträchtigt.

[0186] Wie bei einem herkömmlichen Prozess werden die gemischten Kunststoffe in Schritt 106 in Schnitzel zerkleinert. Ein fakultativer Schritt eines Waschens der Schnitzel 108 kann durchgeführt werden. Tatsächlich könnte ein Waschschritt zu vielen anderen Zeitpunkten während des Prozesses erfolgen.

[0187] Nach dem Schritt eines Waschens 108, wenn er durchgeführt wird, oder nach dem Schritt eines Zerkleinerns 106 werden die zerkleinerten Schnitzel bei Schritt 110 schmelzextrudiert. Ein Schritt eines Formens 112 erfolgt dann, der bloß anzeigt, dass etwas mit der Extrusion gemacht wird. Z. B. könnten Pellets, Schnitzel oder andere konfigurierte Kunststoffe schmelzextrudiert und dann blasgeformt oder spritzgegossen werden. Viele andere Verwendungen für den recycelten Kunststoff sind möglich. Der blasgeformte oder spritzgegossene Kunststoff kann für Behälter wiederverwendet werden und kann insbesondere für Getränkebehälter verwendet werden. Tatsächlich kann die Charge Kunststoff, die zu Beginn im Verfahren bei Schritt 100 bereitgestellt

wird, Kunststoffgetränkebehälter sein, wodurch ein Flasche-zu-Flasche-Recycling möglich ist. Natürlich ist der Typ von Kunststoffhandhabung und Ausstoß des Recyclingprozesses nicht beschränkt.

[0188] Abgesehen von den Schritten eines physikalischen Recycling ist die vorliegende Ausführungsform auch auf einen chemischen Recyclingprozess anwendbar, wie in **Fig. 16** dargestellt. Wieder werden Kunststoffe in einem Schritt 114 bereitgestellt. Herkömmlicherweise war ein Separationsschritt 116 notwendig. Die vorliegende Ausführungsform vermeidet einen solchen Separationsschritt 116. Ähnlich zu dem vorstehend beschriebenen physikalischen Recycling ist ein Mischschritt 118 für beschichteten und unbeschichteten Kunststoff angegeben. Dieses Mischen kann an der Recyclingstation oder vor der Ankunft des Kunststoffs an dieser Station stattfinden.

[0189] Beim chemischen Recycling wird der Kunststoff durch herkömmliche Prozesse depolymerisiert, wie in Schritt 120 angegeben. Um die Flexibilität der vorliegenden Ausführungsform anzuzeigen, wird es in Erwägung gezogen, dass separierter beschichteter und unbeschichteter Kunststoff im Schritt 114 bereitgestellt werden könnte. Diese separierten Kunststoffe würden in Schritt 120 separat depolymerisiert werden, würden aber in Schritt 122 zusammen gemischt werden. Dieser fakultative Mischschritt 122 ist bloß dazu da, um die Flexibilität der vorliegenden Erfindung anzuzeigen.

[0190] Nachdem der Kunststoff depolymerisiert ist, wird er in Schritt 124 repolymerisiert. Dieser Kunststoff kann dann in einen gewünschten Artikel gebildet werden, wie z. B. durch Blasformgebung oder Extrusionsformgebung, wie in Schritt 126 angegeben. Ähnlich zum physikalischen Recyclingprozess kann der chemische Recyclingprozess viele Typen von Kunststoffen handhaben und erzeugen. Z. B. ist ein Flasche-zu-Flasche-Recycling möglich.

[0191] Ein anderer Vorteil zum Recyclingprozess der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass eine Trübheit im recycelten Endprodukt vermieden wird. Weil verhältnismäßig kleine Partikel in der Schicht verwendet werden, kann eine Trübung in dem schließlich erzeugten recycelten Produkt vermieden werden. Außerdem ist die Schicht für eine Nahrungsmittelberührung akzeptabel und beeinflusst deshalb die Recyclingbemühungen bei Zerkleinerung oder Depolymerisierung in den Recyclingprozessen nicht nachteilig.

[0192] Der Kunststoff, der in einem von beiden Recyclingprozessen erzeugt wird, kann spritzgegossen oder blasgeformt werden, wie vorstehend angemerkt. Selbst wenn ein beschichteter Kunststoff zu Beginn in den Recyclingprozess eingeführt wird, beeinträchtigt das Beschichten der vorliegenden Erfindung die stromabwärts gelegenen Spritzguss- oder Blasformgebungsprozesse nicht.

[0193] Obwohl das spezielle physikalische und chemische Recycling erörtert worden sind, sollte es ersichtlich sein, dass die vorliegende Erfindung min-

destens in ihren bevorzugten Formen auch bei anderen Typen von Recyclingprozessen angewandt werden kann.

[0194] Nachdem die Erfindung so beschrieben worden ist, ist es augenscheinlich, dass dieselbe auf viele Weisen variiert werden kann. Solche Variationen sind nicht als eine Abweichung vom Bereich der Erfindung zu betrachten, und alle solche Modifikationen, wie sie für einen Fachmann augenscheinlich sein würden, sollen im Umfang der folgenden Ansprüche eingeschlossen sein.

Patentansprüche

1. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters, der eine Gasbarriere besitzt, wobei das System umfasst:

eine Vakuumkammer (50; 206), die ein Vakuum in der Vakuumkammer aufrechterhalten kann;

eine Behälterzufuhrvorrichtung (40; 203) zur Zufuhr von Kunststoffbehälterkörpern (10; 204) in die und Herausnahme von beschichteten Kunststoffbehältern aus der Vakuumkammer (50; 206), wobei die Kunststoffbehälterkörper jeweils eine äußere Oberfläche (6) und eine innere Oberfläche aufweisen, die einen Innenraum definiert;

einen Förderer (52, 53; 209) in der Vakuumkammer zum Fördern der Kunststoffbehälterkörper durch die Vakuumkammer; und

mindestens eine Quelle (1; 212), die in der Vakuumkammer angeordnet ist, zur Zufuhr eines Beschichtungsdampfs zur äußeren Oberfläche (6) der Behälterkörper, wenn die Behälterkörper durch die Vakuumkammer gefördert werden, wobei die mindestens eine Quelle von Beschichtungsdampf einen Verdampfer zum Erhitzen und Verdampfen eines anorganischen Beschichtungsmaterials umfasst, um den Beschichtungsdampf zu bilden;

eine Gaszufuhr (7) zur Zufuhr von mindestens einem reaktiven Gas zu einem Inneren der Vakuumkammer; wobei die mindestens eine Quelle von Beschichtungsdampf und der Förderer so in der Vakuumkammer strukturiert und angeordnet sind, dass (a) der Beschichtungsdampf von der mindestens einen Quelle mit dem reaktiven Gas reagiert und eine dünne Schicht (9) auf der äußeren Oberfläche (6) des Behälters ablagert, (b) die dünne Schicht eine anorganische Verbindung umfasst und sich an der äußeren Oberfläche der Behälterkörper (10; 204) bindet und (c) die resultierenden beschichteten Kunststoffbehälter, wenn sie ein Druckfluid enthalten, das im Innenraum bei einem Druck von 60 psig (4,1 bar) abgedichtet ist, eine Gasbarriere von mindestens 1,25× der Gasbarriere der Behälter ohne die Schicht besitzen, wenn die Behälter ohne die Schicht ein Druckfluid enthalten, das im Innenraum bei einem Druck von 60 psig (4,1 bar) abgedichtet ist.

2. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 1, bei dem das

reaktive Gas aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Halogenen besteht.

3. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 1, bei dem das reaktive Gas Sauerstoff ist und die anorganische Verbindung ein anorganisches Oxid ist.

4. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 1, bei dem, während die Vakuumkammer (50; 206) ein Vakuum in der Vakuumkammer aufrechterhält, die Behälterzufuhrvorrichtung (40; 203) die Behälterkörper (10; 204) von außerhalb der Vakuumkammer in die Vakuumkammer zu dem Förderer (52, 53; 209) kontinuierlich zuführt, der Förderer die Behälterkörper durch die Vakuumkammer vorbei an der mindestens einen Quelle (1; 212) kontinuierlich fördert und die Behälterzufuhrvorrichtung (40; 203) die beschichteten Behälter von dem Förderer kontinuierlich wiedergewinnt und die beschichteten Behälter aus der Vakuumkammer herausnimmt.

5. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 1, weiter umfassend eine Einrichtung zum Drehen der Behälterkörper (10; 204), während die Behälterkörper durch die Vakuumkammer (50; 206) gefördert werden.

6. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 4, bei dem die Behälterkörper (10; 204) jeweils einen Boden und Seiten aufweisen und der Förderer (52, 53; 209) die Kunststoffbehälterkörper in Bezug zu der mindestens einen Quelle (1; 212) von Beschichtungsdampf ausrichten kann, um sowohl den Boden als auch die Seiten des Behälters mit dem Beschichtungsdampf zu beschichten.

7. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 1, weiter umfassend eine Verschlussmaschine zum Abdichten jedes Behälterkörpers mit einem Verschluss (20; 312) bevor der Behälterkörper dem Förderer (52, 53;) zugeführt wird, wobei der Förderer eine Mehrzahl von Armen zum Eingriff mit den Verschlüssen, während sich die Verschlüsse auf den Behälterkörpern (10; 204) befinden, und Tragen der Behälterkörper, während der Förderer die Behälterkörper durch die Vakuumkammer (50; 206) transportiert, umfasst.

8. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 1, weiter umfassend eine Einrichtung zum Bilden des Beschichtungsdampfs in ein Hochenergieplasma.

9. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 1, bei dem die mindestens eine Quelle (1; 212) von Beschichtungs-

dampf umfasst: ein elektrisch als Anode verbundenes Aufnahmebehältnis (**3; 524**) zum Enthalten von mindestens einem Teil des Beschichtungsmaterials (**4**) und eine kalte Kathode (**2; 521**), die auf den Teil des Beschichtungsmaterials im Aufnahmebehältnis gerichtet ist, um mindestens teilweise das Beschichtungsmaterial (**4**) zu verdampfen und den Beschichtungsdampf in ein Plasma zu bilden.

10. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 9, bei dem die kalte Kathode (**2; 521**) verdampfbar ist, um einen Teil des Beschichtungsdampfs zu bilden.

11. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 10, bei dem die kalte Kathode (**2; 521**) Messing umfasst.

12. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 10, bei dem die kalte Kathode (**2; 521**) Magnesium umfasst.

13. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 1, bei dem der Förderer (**52, 53; 209**) und die mindestens eine Quelle von Beschichtungsdampf so strukturiert und angeordnet sind, dass der Beschichtungsdampf auf den äußeren Oberflächen der Behälterkörper (**10; 204**) mit dem reaktiven Gas reagiert, das durch die Gaszufuhr (**7**) zugeführt wird, um die Schicht zu bilden.

14. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 3, bei dem die dünne Schicht (**9**) weiter ein glasbildendes Metallzusatzmittel umfasst.

15. Verfahren zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters, der eine Gasbarriere besitzt, wobei das Verfahren die Schritte umfasst: Zuführen von Kunststoffbehälterkörpern (**10; 204**) in eine Vakuumkammer (**50; 206**), während die Vakuumkammer ein Vakuum in der Vakuumkammer aufrechterhält, wobei die Kunststoffbehälterkörper jeweils eine äußere Oberfläche (**6**) und eine innere Oberfläche, die einen Innenraum definiert, aufweisen; Fördern der Kunststoffbehälterkörper durch die Vakuumkammer; Zuführen eines reaktiven Gases in die Vakuumkammer; Erhitzen und Verdampfen eines anorganischen Beschichtungsmaterials mit einem Verdampfer (**1; 510**), der in der Vakuumkammer (**50; 206**) angeordnet ist, um einen Beschichtungsdampf zu bilden; und Herausnehmen der beschichteten Kunststoffbehälter aus der Vakuumkammer, wobei die Schritte eines Förderns der Behälterkörper und Bildens des Beschichtungsdampfs so durchgeführt werden, dass, wenn die Behälterkörper durch die Vakuumkammer (**50; 206**) gefördert werden, der Beschichtungsdampf mit dem reaktiven Gas reagiert

und eine dünne Schicht (**9**) auf der äußeren Oberfläche der Behälter abgelagert, (b) die dünne Schicht eine anorganische Verbindung umfasst und sich an die äußere Oberfläche der Behälterkörper bindet und (c) die resultierenden beschichteten Kunststoffbehälter, wenn sie ein Druckfluid enthalten, das im Innenraum bei einem Druck von 60 psig (4,1 bar) abgedichtet ist, eine Gasbarriere von mindestens 1,25× der Gasbarriere der Behälter ohne die Schicht besitzen, wenn die Behälter ohne die Schicht ein Druckfluid enthalten, das im Innenraum bei einem Druck von 60 psig (4,1 bar) abgedichtet ist.

16. Verfahren zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 15, bei dem das reaktive Gas aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Halogenen besteht.

17. Verfahren zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 15, bei dem das reaktive Gas Sauerstoff ist und die anorganische Verbindung ein anorganisches Oxid ist.

18. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem, während die Vakuumkammer (**50; 206**) ein Vakuum in der Vakuumkammer aufrechterhält, der Schritt eines Zuführens ein kontinuierliches Zuführen der Behälterkörper von außerhalb der Vakuumkammer in die Vakuumkammer zu dem Förderer (**52, 53; 209**) umfasst, der Schritt eines Förderns ein kontinuierliches Fördern der Behälterkörper (**10; 204**) durch die Vakuumkammer vorbei an der mindestens einen Quelle umfasst und der Zufuhrschritt weiter ein kontinuierliches Wiedergewinnen der beschichteten Behälter von dem Förderer und Herausnehmen der beschichteten Behälter aus der Vakuumkammer umfasst.

19. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem der Schritt eines Förderns ein Drehen der Behälterkörper (**10; 204**), während die Behälterkörper durch die Vakuumkammer (**50; 206**) gefördert werden, umfasst.

20. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem der Schritt eines Zuführens umfasst: automatisches und kontinuierliches Zuführen der Behälterkörper (**204**) mit einer Drehzufuhrvorrichtung in die Vakuumkammer (**206**) zu dem Förderer (**209**) von einer Quelle von Behälterkörpern außerhalb der Vakuumkammer und automatisches und kontinuierliches Wiedergewinnen der beschichteten Behälter von dem Förderer und Transportieren der beschichteten Behälter zu einer Stelle außerhalb der Vakuumkammer.

21. Verfahren nach Anspruch 20, bei dem die Drehbehälterzufuhrvorrichtung ein Zufuhrad (**236**), das in einer Öffnung der Vakuumkammer drehbar montiert ist, umfasst.

22. Verfahren nach Anspruch 21, bei dem Greif-

klemmen (305) in jeder der Zufuhröffnungen (288) angeordnet sind, um die Hälse der Behälterkörper (204) zu greifen, während die Behälterkörper durch das Zufuhrrohr (236) transportiert werden.

23. Verfahren nach Anspruch 20, bei dem die Drehbehälterzufuhrvorrichtung umfasst: eine erste äußere Drehzufuhrvorrichtung (239) zum automatischen und kontinuierlichen Zuführen der unbeschichteten Kunststoffbehälterkörper zum Zufuhrrohr (236) und eine erste innere Drehzufuhrvorrichtung (242) zum automatischen und kontinuierlichen Zuführen der unbeschichteten Kunststoffbehälterkörper vom Zufuhrrohr (236) zum Förderer (209), eine zweite innere Drehzufuhrvorrichtung (245) zum automatischen und kontinuierlichen Zuführen der beschichteten Kunststoffbehälterkörper vom Förderer (209) zum Zufuhrrohr (236) und eine zweite äußere Drehzufuhrvorrichtung (248) zum automatischen und kontinuierlichen Übernehmen der beschichteten Kunststoffbehälterkörper vom Zufuhrrohr (236).

24. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem Greifklemmen (392) zum Greifen des Halses der Behälterkörper (204) auf den inneren und äußeren Drehzufuhrvorrichtungen angeordnet sind.

25. Verfahren nach Anspruch 15, weiter umfassend den Schritt eines Bildens des Beschichtungsdampfs in ein Hochenergieplasma.

26. Verfahren nach Anspruch 15, weiter umfassend den Schritt eines Abdichtens der Behälterkörper (10; 204), so dass die Behälterkörper abgedichtet sind, wenn sie sich in der Vakuumkammer (50; 206) befinden, um dadurch zu verhindern, dass Luft im Innenraum der Behälterkörper entweicht.

27. Verfahren nach Anspruch 26, bei dem die Behälterkörper (10; 204) mit einem Druck im Innenraum der Behälter abgedichtet werden, der größer ist als der Druck in der Vakuumkammer (50; 206).

28. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem der Schritt eines Zuführens von Beschichtungsdampf weiter mindestens eines von einem chemischen und physikalischen Binden der anorganischen Verbindung an der äußeren Oberfläche der Behälterkörper (10; 204) umfasst.

29. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem der Verdampfer (1; 510) ein elektrisch als Anode verbundenes Aufnahmebehältnis (3; 524) zum Enthalten von mindestens einem Teil des Beschichtungsmaterials und eine kalte Kathode (2; 521) umfasst, und der Schritt eines Bildens des Beschichtungsdampfs umfasst: Richten der kalten Kathode (2; 521) auf den Teil des Beschichtungsmaterials im Aufnahmebehältnis zum mindestens teilweisen Verdampfen des Beschichtungsmaterials und Bilden des Beschichtungs-

dampfs in ein Plasma.

30. Verfahren nach Anspruch 29, bei dem der Schritt eines Verdampfens umfasst: Verdampfen von mindestens einem Teil der kalten Kathode (2; 521), um einen Teil des Beschichtungsdampfs zu bilden.

31. Verfahren nach Anspruch 30, bei dem die kalte Kathode (2; 521) Messing umfasst.

32. Verfahren nach Anspruch 30, bei dem die kalte Kathode (2; 521) Magnesium umfasst.

33. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem der Schritt eines Zuführens umfasst: Verdampfen einer Komponente, die der Schicht auf dem Behälter Farbe verleiht.

34. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem der Schritt eines Zuführens des Beschichtungsdampfs so durchgeführt wird, dass das anorganische Oxid SiO_x ist und x im Bereich von 1,7 bis 2,0 liegt.

35. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem die dünne Schicht weiter ein glasbildendes Metallzusatzmittel umfasst.

36. Verfahren nach Anspruch 35, bei dem das glasbildende Metallzusatzmittel Mg umfasst.

37. Verfahren nach Anspruch 35, bei dem der Schritt eines Zuführens des Beschichtungsdampfs so durchgeführt wird, dass das glasbildende Metallzusatzmittel in der Schicht in einer Menge von 0,01 bis 50 Gew.-% bezogen auf Si vorhanden ist und aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Li, Na, K, Rb, Cr, Mg, Ca, Sr, Ba, Ti, Al, Mn, V, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Cu, Sn, Ge und In besteht.

38. Verfahren nach Anspruch 35, bei dem der Schritt eines Zuführens des Beschichtungsdampfs so durchgeführt wird, dass das glasbildende Metallzusatzmittel in der Schicht in einer Menge von 0,01 bis 15 Gew.-% bezogen auf Si vorhanden ist.

39. Verfahren nach Anspruch 35, bei dem der Schritt eines Zuführens des Beschichtungsdampfs so durchgeführt wird, dass die Schicht unter Verwendung von Vakuumabscheidung aus der Gasphase auf der äußeren Oberfläche des Behälterkörpers (10; 204) abgelagert wird, die Schicht im Wesentlichen homogen ist, die Schicht amorph ist, die Schicht eine Dicke aufweist und das anorganische Oxid und das glasbildende Metallzusatzmittel in der Schicht in Konzentrationen vorhanden sind, die im Wesentlichen durch die Dicke der Schicht konstant sind, das anorganische Oxid SiO_x ist und x im Bereich von 1,7 bis 2,0 liegt.

40. Beschichteter Kunststoffbehälter, der gemäß

dem Verfahren von Anspruch 15 hergestellt ist.

41. Kunststoffbehälter nach Anspruch 40, bei dem das reaktive Gas aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Halogenen besteht.

42. Kunststoffbehälter nach Anspruch 40, bei dem das reaktive Gas Sauerstoff ist und die anorganische Verbindung ein anorganisches Oxid ist.

43. Kunststoffbehälter nach Anspruch 40, bei dem die Schicht im Wesentlichen homogen ist.

44. Kunststoffbehälter nach Anspruch 40, bei dem die Schicht amorph ist.

45. Kunststoffbehälter nach Anspruch 42, bei dem die Schicht weiter ein glasbildendes Metallzusatzmittel umfasst.

46. Kunststoffbehälter nach Anspruch 45, bei dem die Schicht eine Dicke aufweist und das anorganische Oxid und das glasbildende Metallzusatzmittel in der Schicht in Konzentrationen vorhanden sind, die im Wesentlichen durch die Dicke der Schicht konstant sind.

47. Kunststoffbehälter nach Anspruch 45, bei dem das anorganische Oxid SiO_x ist und x im Bereich von 1,7 bis 2,0 liegt.

48. Kunststoffbehälter nach Anspruch 45, bei dem das glasbildende Metallzusatzmittel Mg umfasst.

49. Kunststoffbehälter nach Anspruch 47, bei dem das glasbildende Metallzusatzmittel in der Schicht in einer Menge von 0,01 bis 50 Gew.-% bezogen auf Si vorhanden ist und aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Li, Na, K, Rb, Cr, Mg, Ca, Sr, Ba, Ti, Al, Mn, V, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Cu, Sn, Ge und In besteht.

50. Kunststoffbehälter nach Anspruch 47, bei dem das glasbildende Metallzusatzmittel in der Schicht in einer Menge von 0,01 bis 15 Gew.-% bezogen auf Si vorhanden ist.

51. Kunststoffbehälter nach Anspruch 47, bei dem die Schicht im Wesentlichen homogen ist, die Schicht amorph ist, die Schicht eine Dicke aufweist und das anorganische Oxid und das glasbildende Metallzusatzmittel in der Schicht in Konzentrationen vorhanden sind, die im Wesentlichen durch die Dicke der Schicht konstant sind, das anorganische Oxid SiO_x ist und x im Bereich von 1,7 bis 2,0 liegt.

52. Kunststoffbehälter nach Anspruch 51, bei dem die Schichtdicke 10–100 nm beträgt.

53. Kunststoffbehälter nach Anspruch 40, bei dem die anorganische Schicht weiter ein Pigment zum Färben der äußeren Oberfläche des Behälters umfasst.

54. Verfahren zur Produktion von Kunststoff mit Recyclinganteil, umfassend die Schritte:
Bereitstellen einer Charge Kunststoff (**100**; **114**), wobei mindestens ein Teil der Charge Kunststoff beschichtete Kunststoffbehälter umfasst, die gemäß dem Verfahren nach Anspruch 15 hergestellt sind, wobei jeder beschichtete Kunststoffbehälter einen Kunststoffbehälterkörper (**10**; **204**) umfasst, der eine innere Oberfläche, die einen Innenraum definiert, und eine äußere Oberfläche (**6**) und eine Schicht (**9**) auf der äußeren Oberfläche aufweist, die eine anorganische Verbindung umfasst;
Umwandeln der Charge Kunststoff in eine Form, die zur Schmelzextrusion geeignet ist.

55. Verfahren nach Anspruch 54, bei dem das reaktive Gas aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Halogenen besteht. 56. Verfahren nach Anspruch 54, bei dem das reaktive Gas Sauerstoff ist und die anorganische Verbindung ein anorganisches Oxid ist.

56. Verfahren nach Anspruch 54, bei dem der Schritt eines Umwandelns umfasst: Zerkleinern der Charge Kunststoff, um Schnitzel (**106**) zu erzeugen, und Schmelzen der Schnitzel, um einen schmelzextrudierbaren Recyclingkunststoff zu bilden.

57. Verfahren nach Anspruch 54, bei dem der Umwandlungsschritt umfasst: Depolymerisieren der Charge Kunststoff (**120**) und Repolymerisieren (**124**) der depolymerisierten Charge Kunststoff, um einen schmelzextrudierbaren Recyclingkunststoff zu bilden.

58. Verfahren nach Anspruch 56, bei dem das anorganische Oxid Siliciumdioxid ist.

59. Verfahren nach Anspruch 56, bei dem das anorganische Oxid SiO_x ist und x im Bereich von 1,7 bis 2,0 liegt.

60. Verfahren nach Anspruch 54, bei dem die Schichtdicke 10–100 mm beträgt.

61. Verfahren zum Verpacken eines Getränks, umfassend die Schritte:
Bereitstellen eines beschichteten Kunststoffbehälters, der gemäß dem Verfahren nach Anspruch 15 hergestellt ist, wobei der beschichtete Kunststoffbehälter umfasst: einen Kunststoffbehälterkörper mit einer inneren Oberfläche, die einen Innenraum definiert, und einer äußeren Oberfläche (**6**) und einer Schicht (**9**) auf der äußeren Oberfläche, die eine anorganische Verbindung umfasst, wobei die Schicht

eine Gasbarriere bereitstellt;
Befüllen des Kunststoffbehälters mit einem Getränk;
und
Abdichten des Kunststoffbehälters nach dem Schritt
eines Befüllens.

62. Verfahren nach Anspruch 62, bei dem das reaktive Gas aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Halogenen besteht. 64. Verfahren nach Anspruch 62, bei dem das reaktive Gas Sauerstoff ist und die anorganische Verbindung ein anorganisches Oxid ist.

63. Verfahren nach Anspruch 62, bei dem der Schritt einer Bereitstellung ein kontinuierliches Bereitstellen einer Mehrzahl der beschichteten Kunststoffbehälter umfasst, der Schritt eines Befüllens ein kontinuierliches Befüllen der Mehrzahl von beschichteten Kunststoffbehältern mit dem Getränk umfasst und der Schritt eines Abdichtens ein kontinuierliches Abdichten des Getränks in der Mehrzahl von Behältern nach dem Schritt eines Befüllens umfasst.

64. Verfahren nach Anspruch 62, bei dem der Schritt eines Abdichtens ein Abdichten des Getränks unter Druck im beschichteten Behälter umfasst.

65. Verfahren nach Anspruch 66, weiter umfassend den Schritt einer Carbonisierung des Getränks vor dem Befüllungsschritt.

66. System zum Verpacken eines Getränks, umfassend: ein Produktionssystem von beschichteten Kunststoffbehältern nach Anspruch 1;
eine Abfüllvorrichtung zum Befüllen der Kunststoffbehälter mit einem Getränk; und
eine Abdichtvorrichtung zum Abdichten der Kunststoffbehälter nach dem Schritt eines Befüllens.

67. System nach Anspruch 68, bei dem das reaktive Gas aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Halogenen besteht.

68. System nach Anspruch 68, bei dem das reaktive Gas Sauerstoff ist und die anorganische Verbindung ein anorganisches Oxid ist.

69. System zum Verpacken eines Getränks nach Anspruch 68, bei dem die Abdichtvorrichtung so angeordnet ist, dass das Getränk unter Druck im beschichteten Behälter abgedichtet wird.

70. System zum Verpacken eines Getränks nach Anspruch 71, weiter umfassend eine Carbonisiervorrichtung zum Carbonisieren des Getränks vor dem Befüllungsschritt.

71. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters, der eine Gasbarriere besitzt, wobei das System umfasst:

eine Vakuumkammer (**50**; **206**), die ein Vakuum in der Vakuumkammer aufrechterhalten kann;
eine Behälterzufuhrvorrichtung (**40**; **203**) zur Zufuhr von Kunststoffbehälterkörpern (**10**; **204**) in die und Herausnahme von beschichteten Kunststoffbehältern aus der Vakuumkammer (**50**; **206**), wobei die Kunststoffbehälterkörper jeweils eine äußere Oberfläche (**6**) und eine innere Oberfläche, die einen Innenraum definiert, aufweisen;
einen Förderer (**52**, **53**; **209**) in der Vakuumkammer zum Fördern der Kunststoffbehälterkörper durch die Vakuumkammer; und
mindestens eine Quelle (**1**; **212**), die in der Vakuumkammer angeordnet ist, zum Zuführen eines Beschichtungsdampfs zur äußeren Oberfläche (**6**) der Behälterkörper, wenn die Behälterkörper durch die Vakuumkammer gefördert werden, wobei die mindestens eine Quelle von Beschichtungsdampf einen Verdampfer zum Erhitzen und Verdampfen eines Metallbeschichtungsmaterials umfasst, um den Beschichtungsdampf zu bilden;
wobei die mindestens eine Quelle von Beschichtungsdampf und der Förderer so in der Vakuumkammer strukturiert und angeordnet sind, dass der Beschichtungsdampf von der mindestens einen Quelle eine dünne Schicht (**9**) auf der äußeren Oberfläche (**6**) des Behälters ablagert, die dünne Schicht ein Metall umfasst und sich an der äußeren Oberfläche der Behälterkörper (**10**; **204**) bindet und die resultierenden beschichteten Kunststoffbehälter, wenn sie ein Druckfluid enthalten, das im Innenraum bei einem Druck von 60 psig (4,1 bar) abgedichtet ist, eine Gasbarriere von mindestens 1,25× der Gasbarriere der Behälter ohne die Schicht besitzen, wenn die Behälter ohne die Schicht ein Druckfluid enthalten, das im Innenraum bei einem Druck von 60 psig (4,1 bar) abgedichtet ist.

72. System zur Herstellung eines beschichteten Kunststoffbehälters nach Anspruch 73, bei dem die mindestens eine Quelle (**1**; **212**) von Beschichtungsdampf umfasst: ein elektrisch als Anode verbundenes Aufnahmebehältnis (**3**; **524**) zum Enthalten von mindestens einem Teil des Metallbeschichtungsmaterials und eine kalte Kathode (**2**; **521**), die auf den Teil des Metallbeschichtungsmaterials im Aufnahmebehältnis gerichtet ist, um mindestens teilweise das Metallbeschichtungsmaterial zu verdampfen und den Beschichtungsdampf in ein Plasma zu bilden.

Es folgen 20 Blatt Zeichnungen

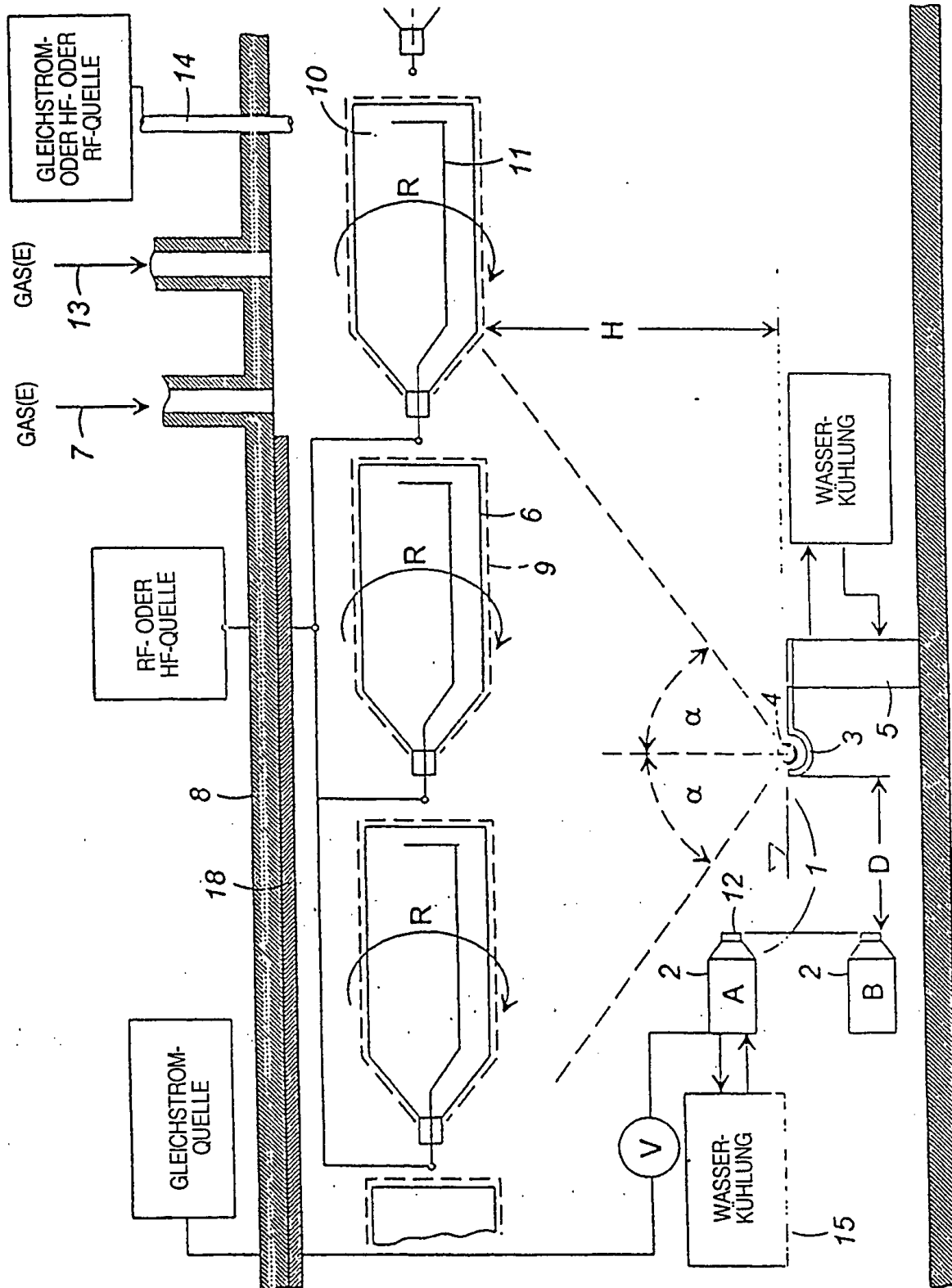


FIG. 1

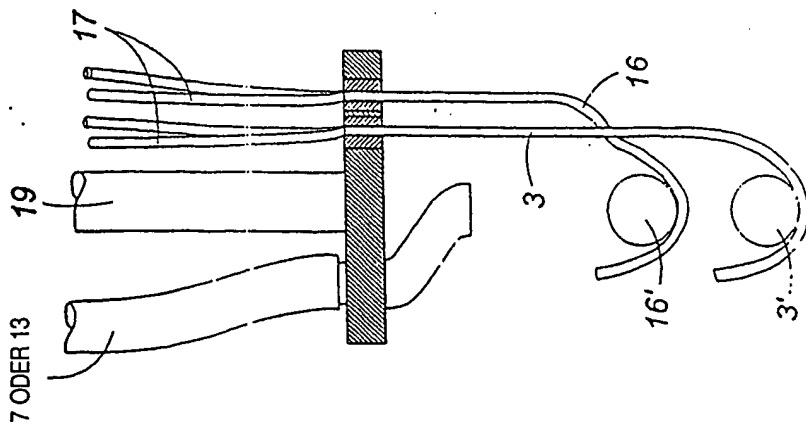


FIG. 1A

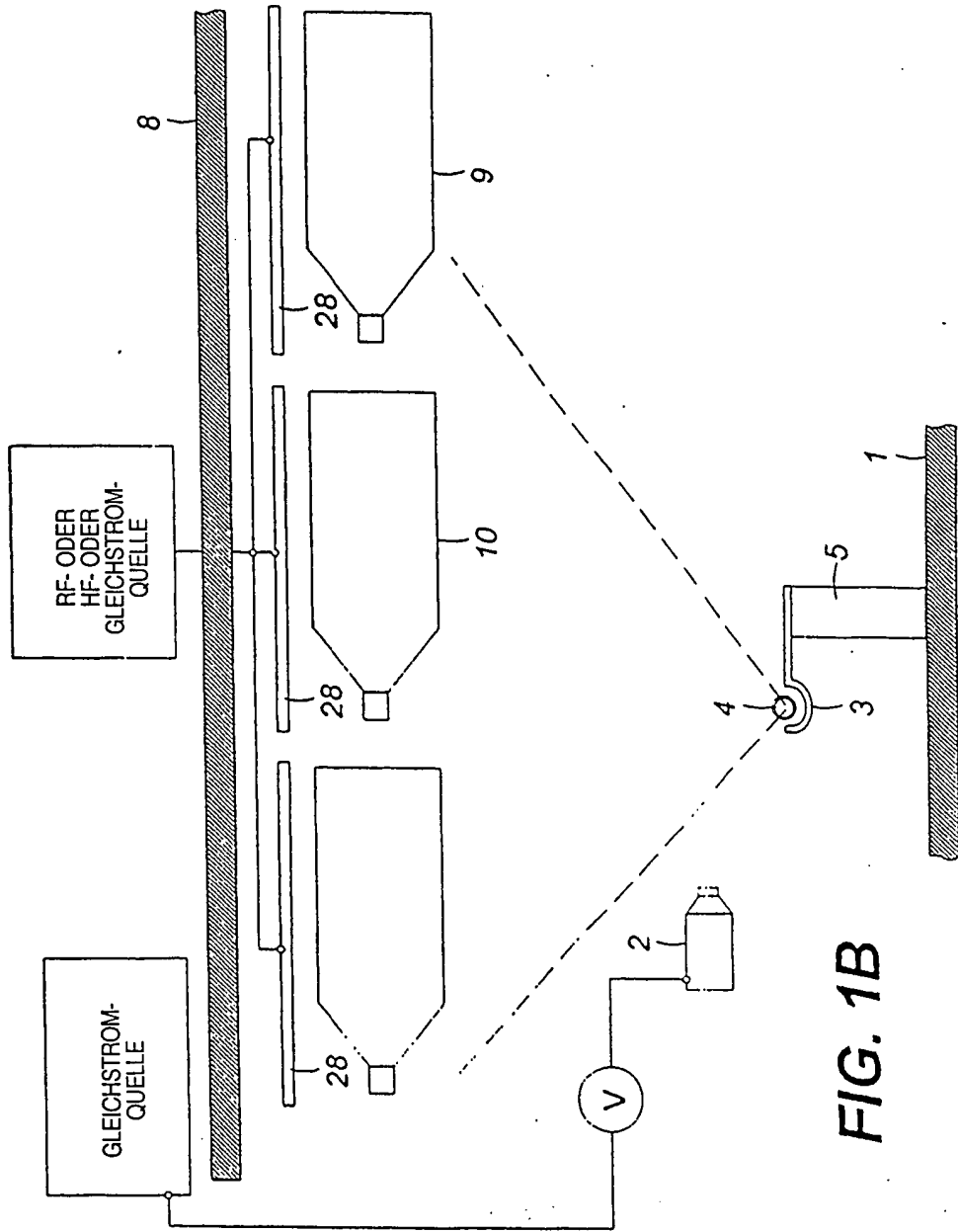


FIG. 1B

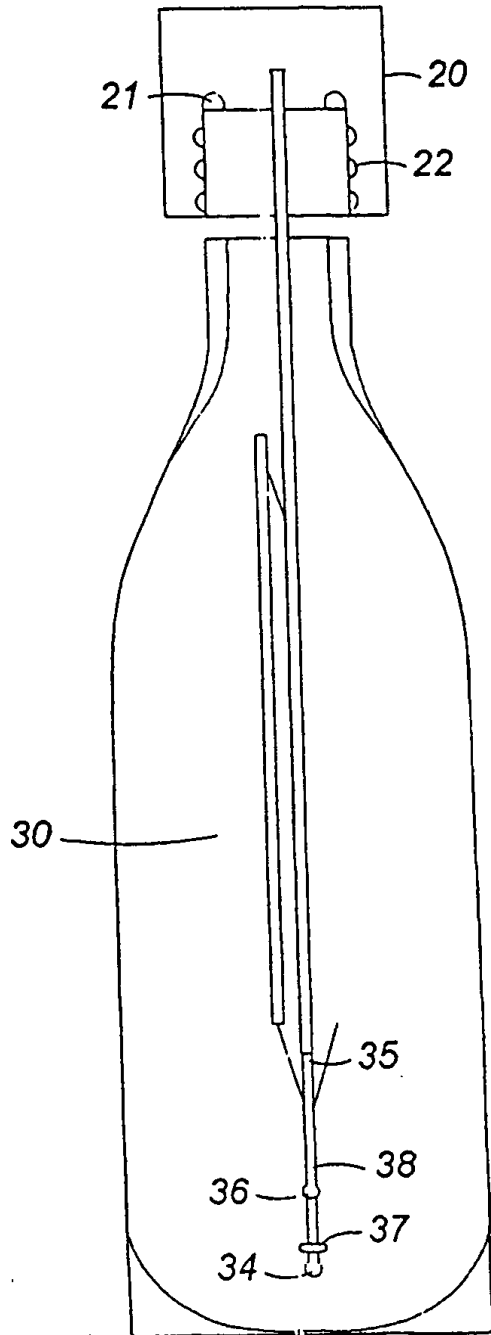


FIG. 2A

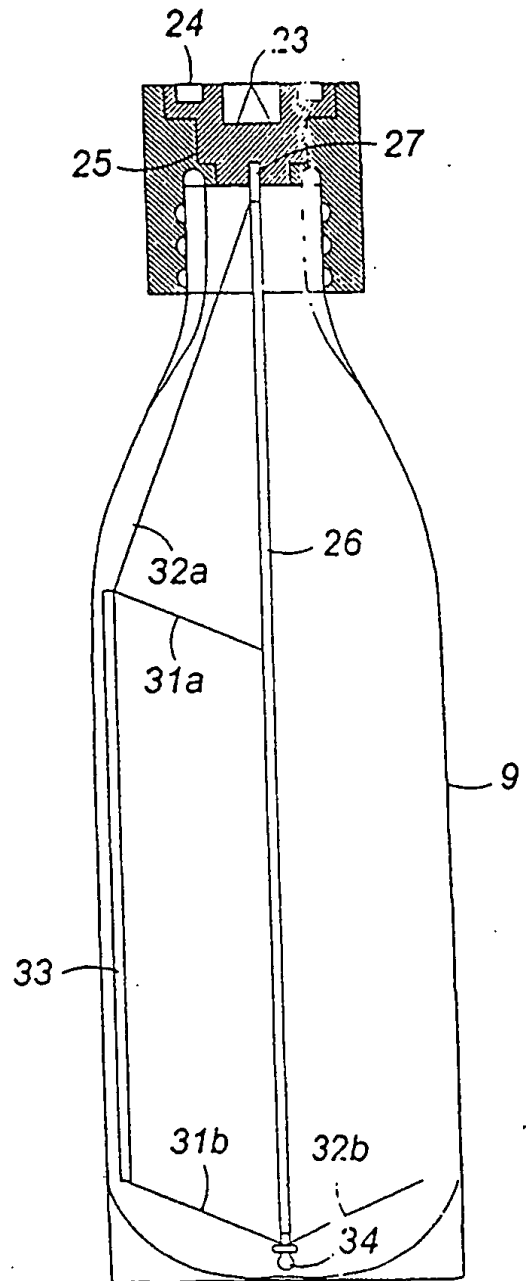


FIG. 2B

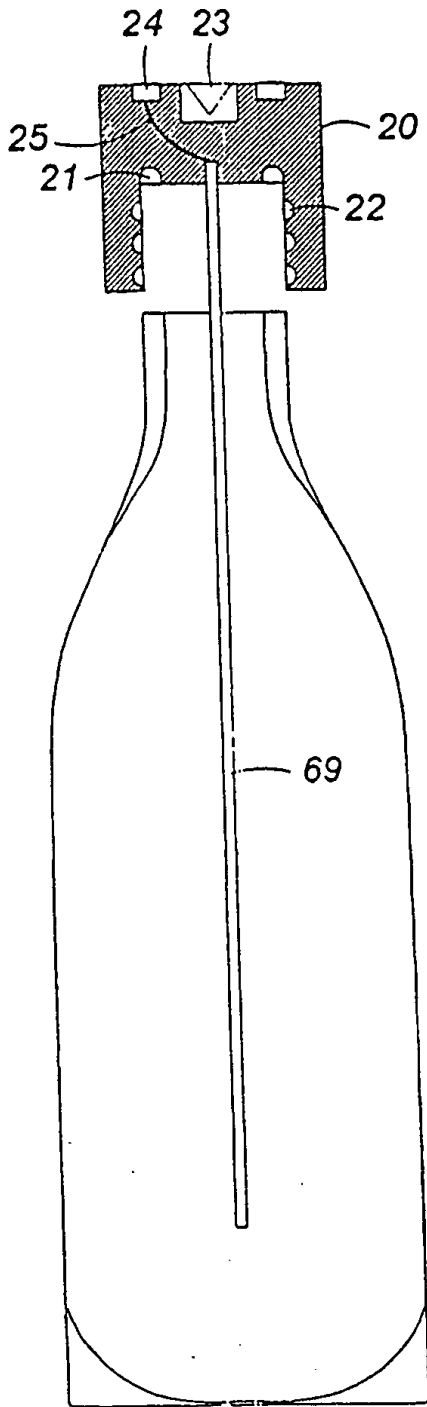


FIG. 2C

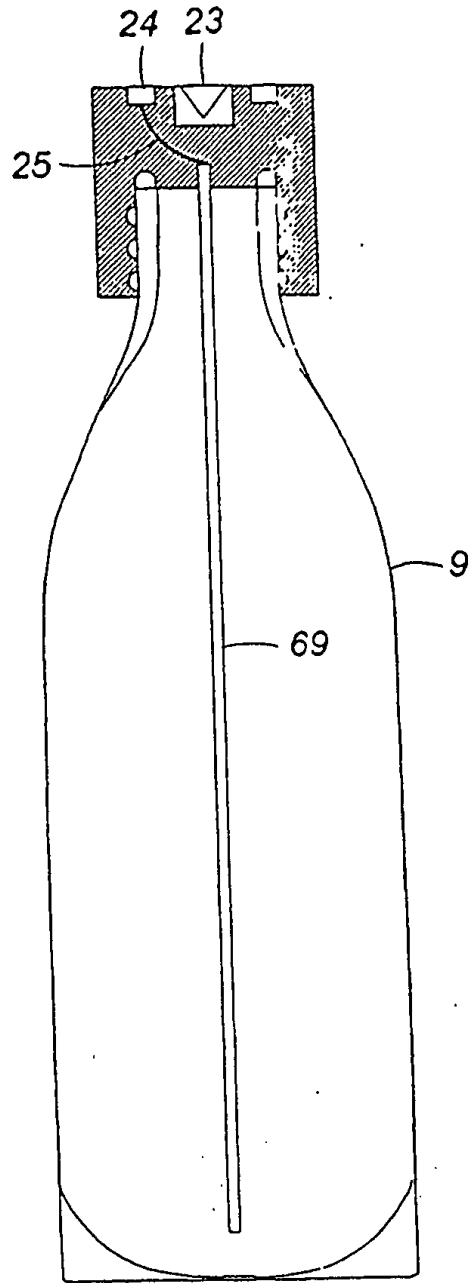


FIG. 2D

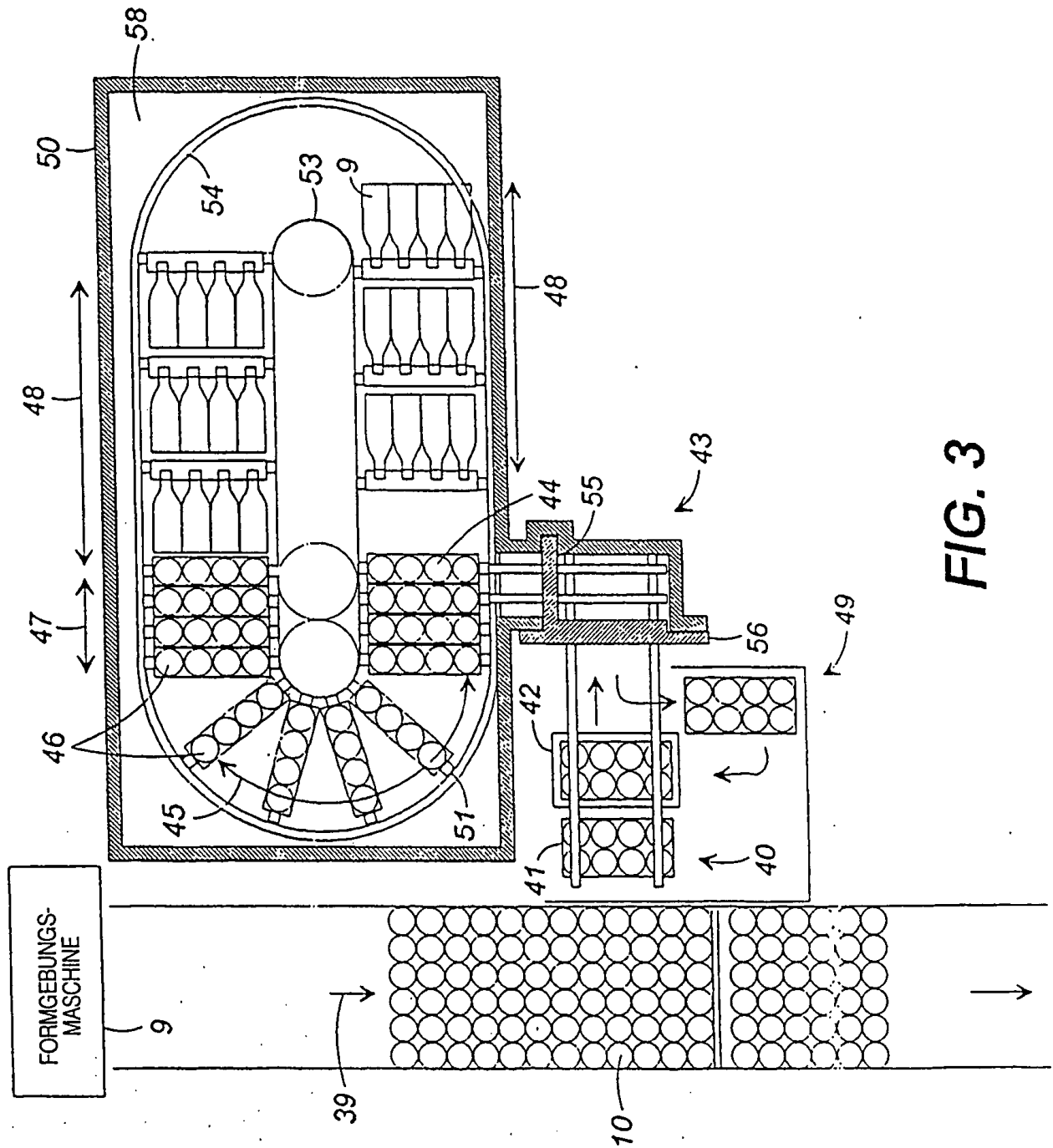


FIG. 3

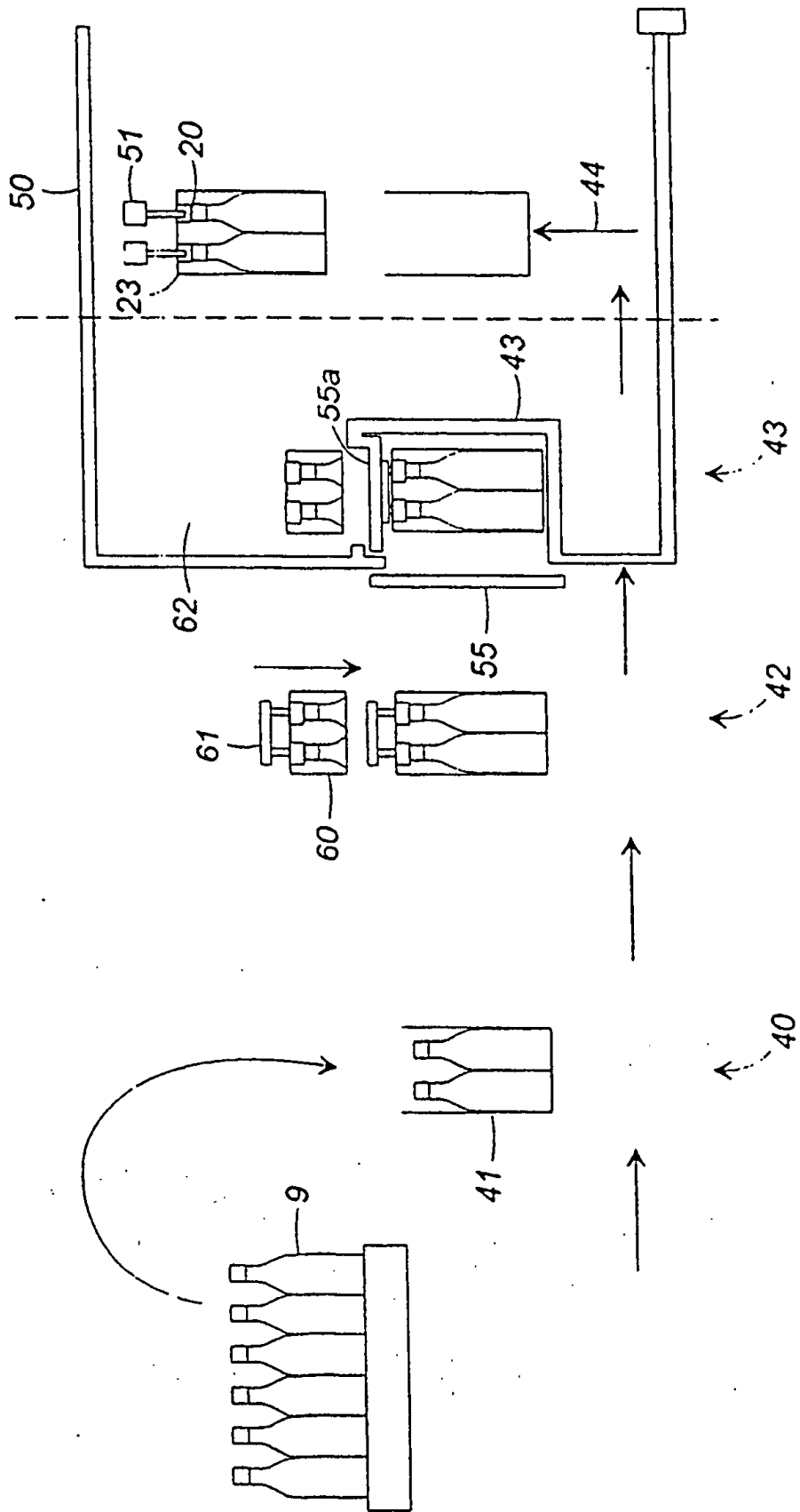


FIG. 4

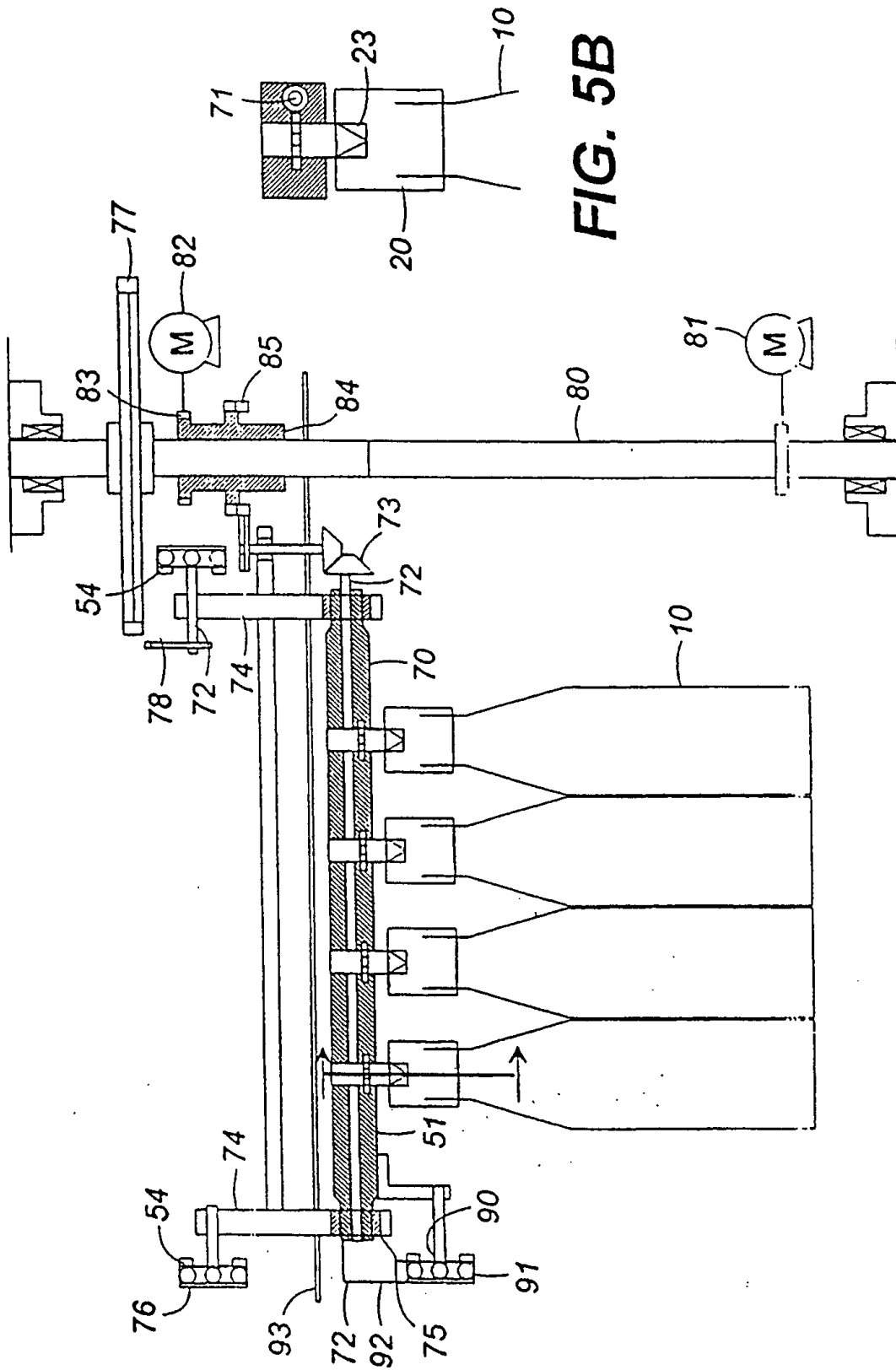


FIG. 5A

FIG. 5B

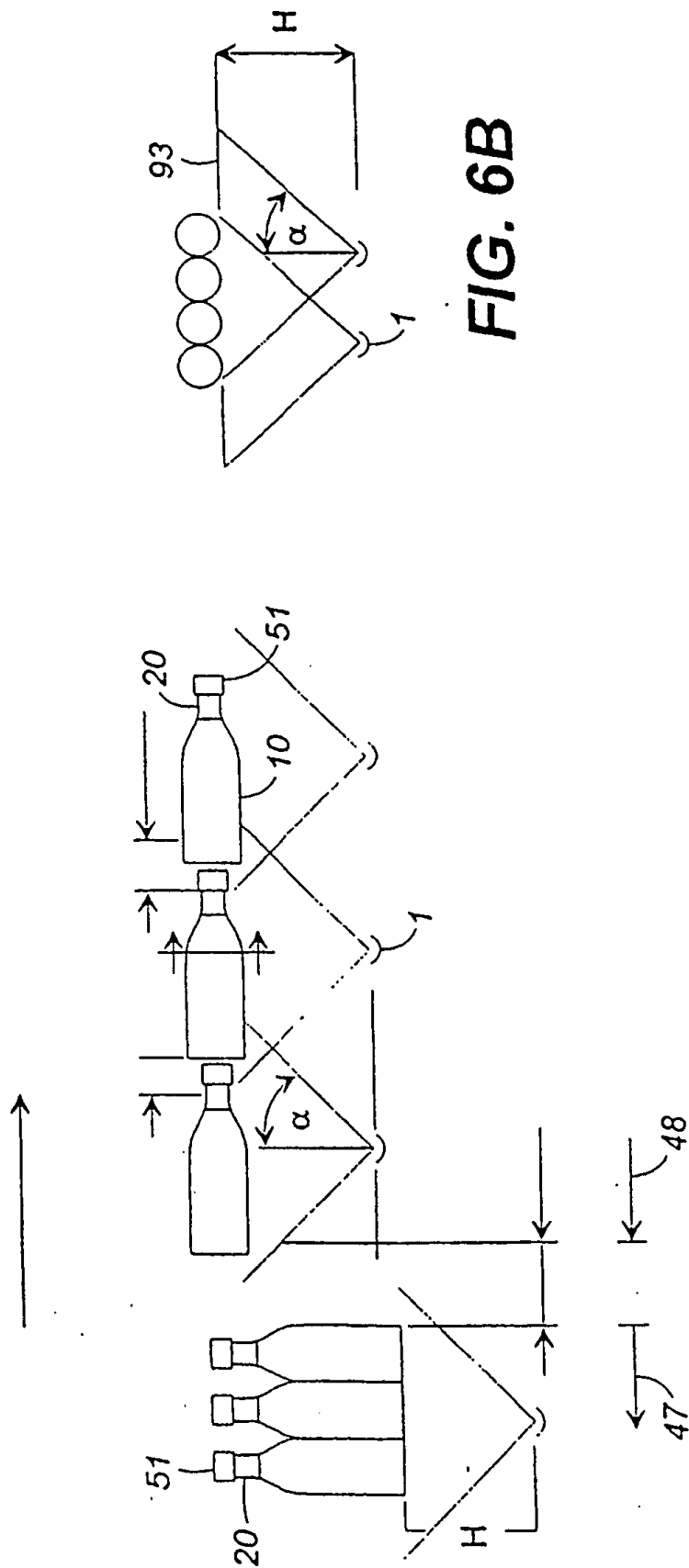


FIG. 6B

FIG. 6A

ERGEBNISSE: ANFANGS-RUTHERFORD-RÜCKSTREUANALYSE

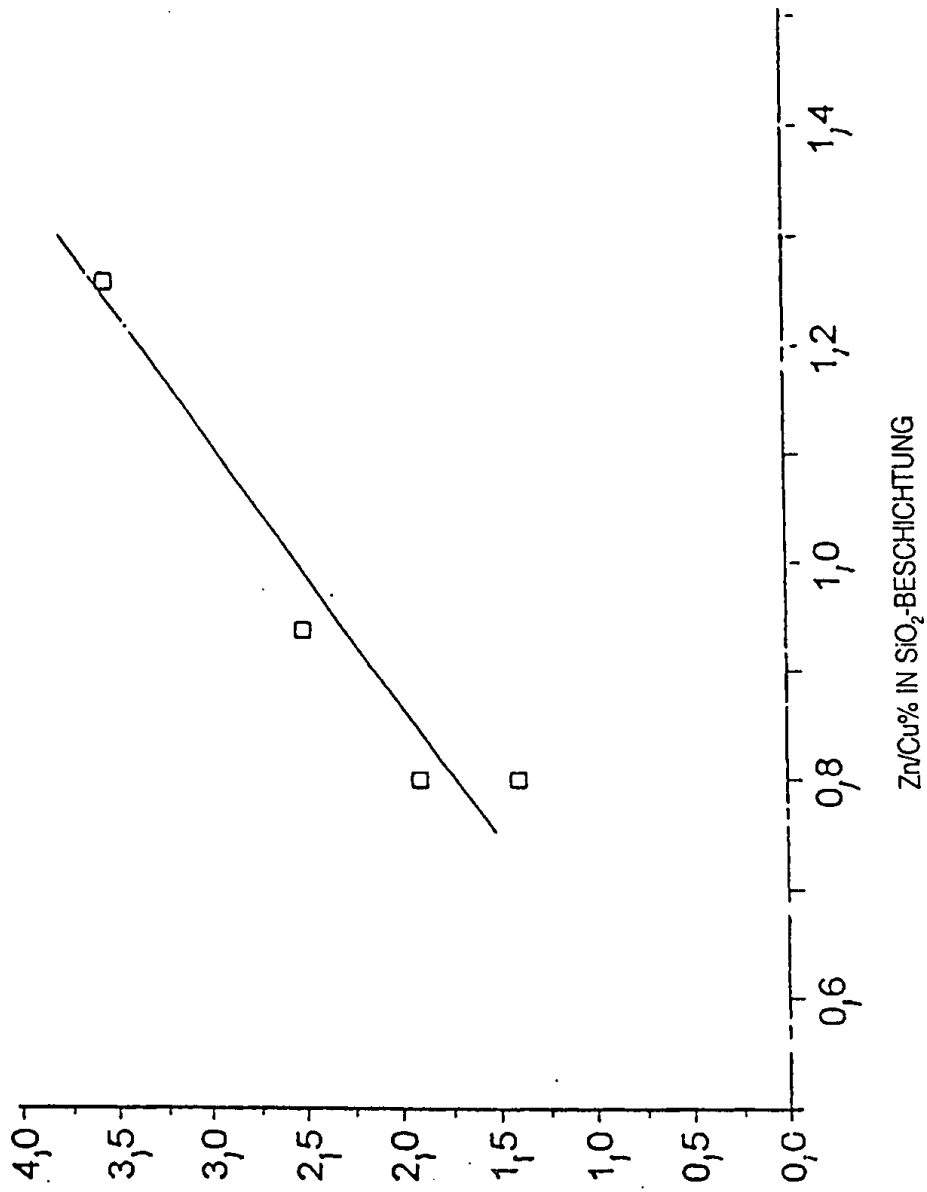


FIG. 7

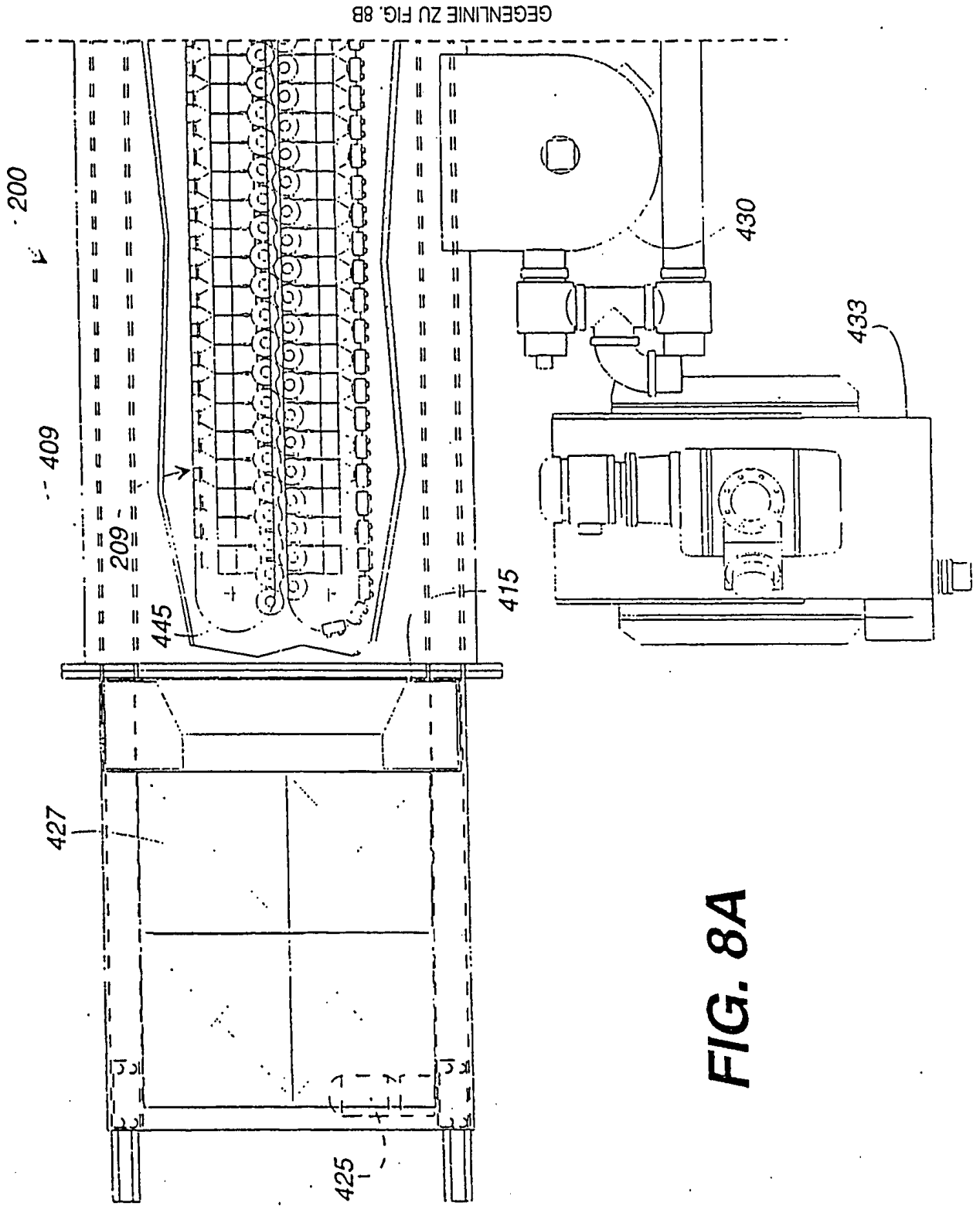


FIG. 8A

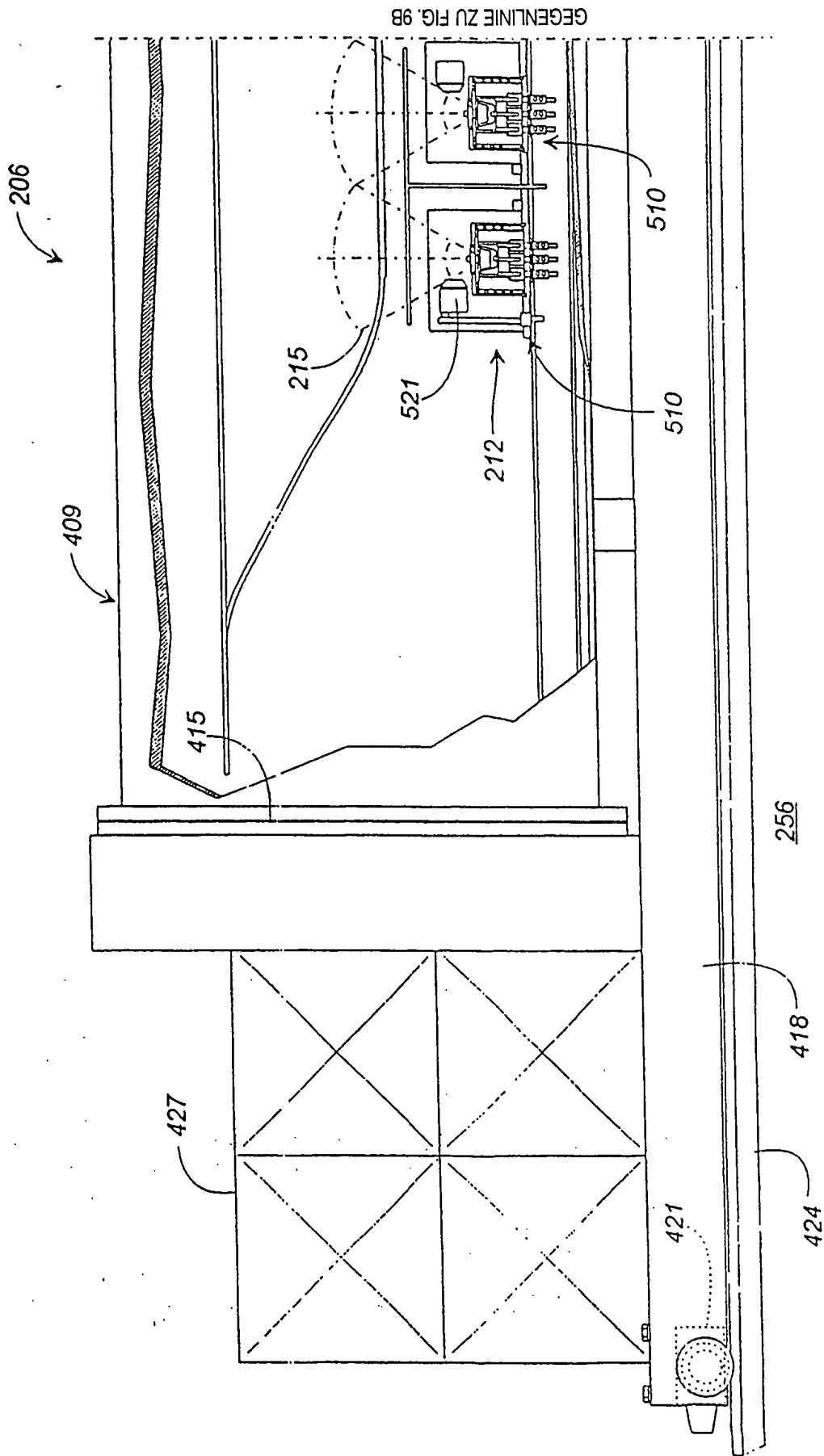


FIG. 9A

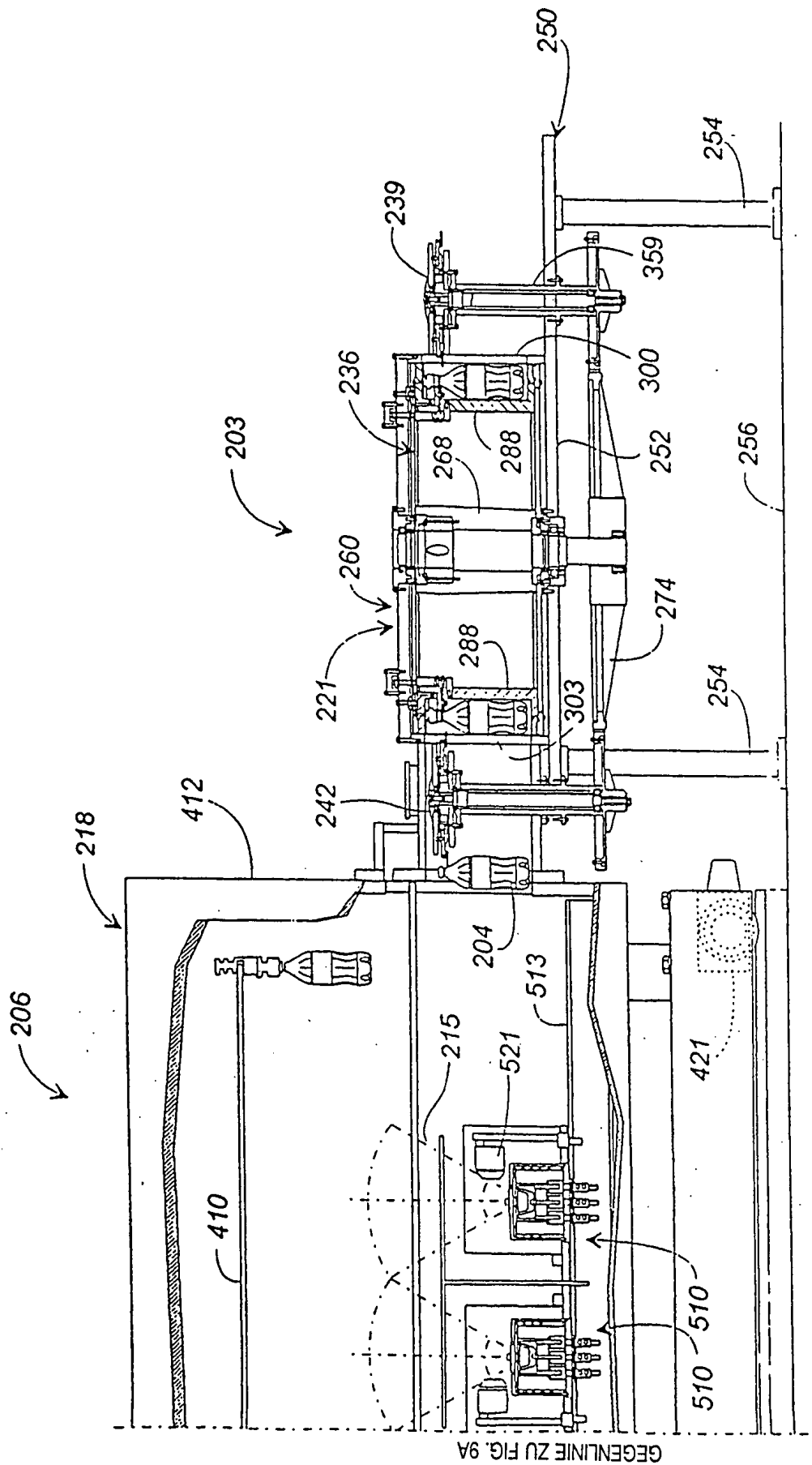


FIG. 9B

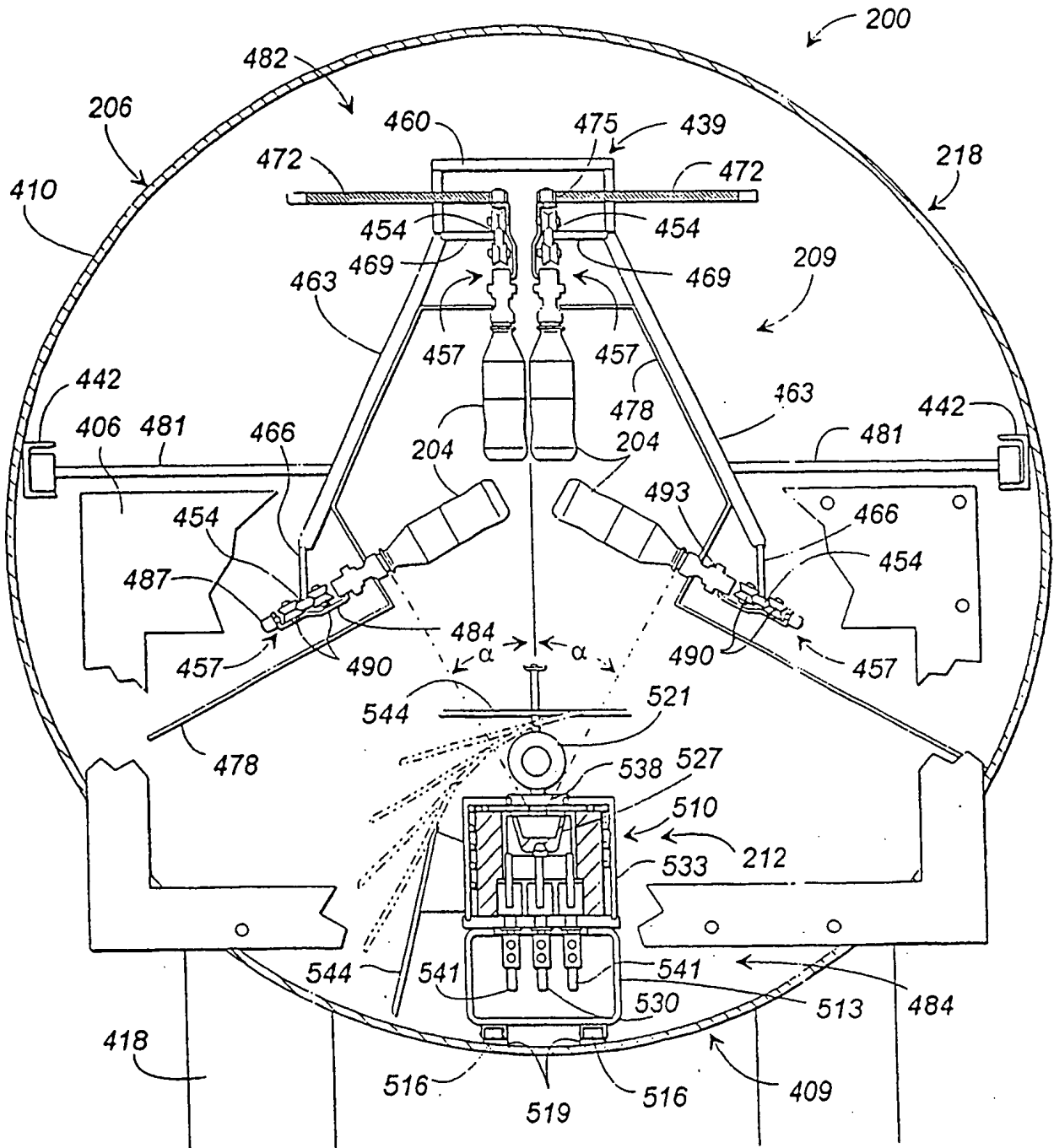


FIG. 10

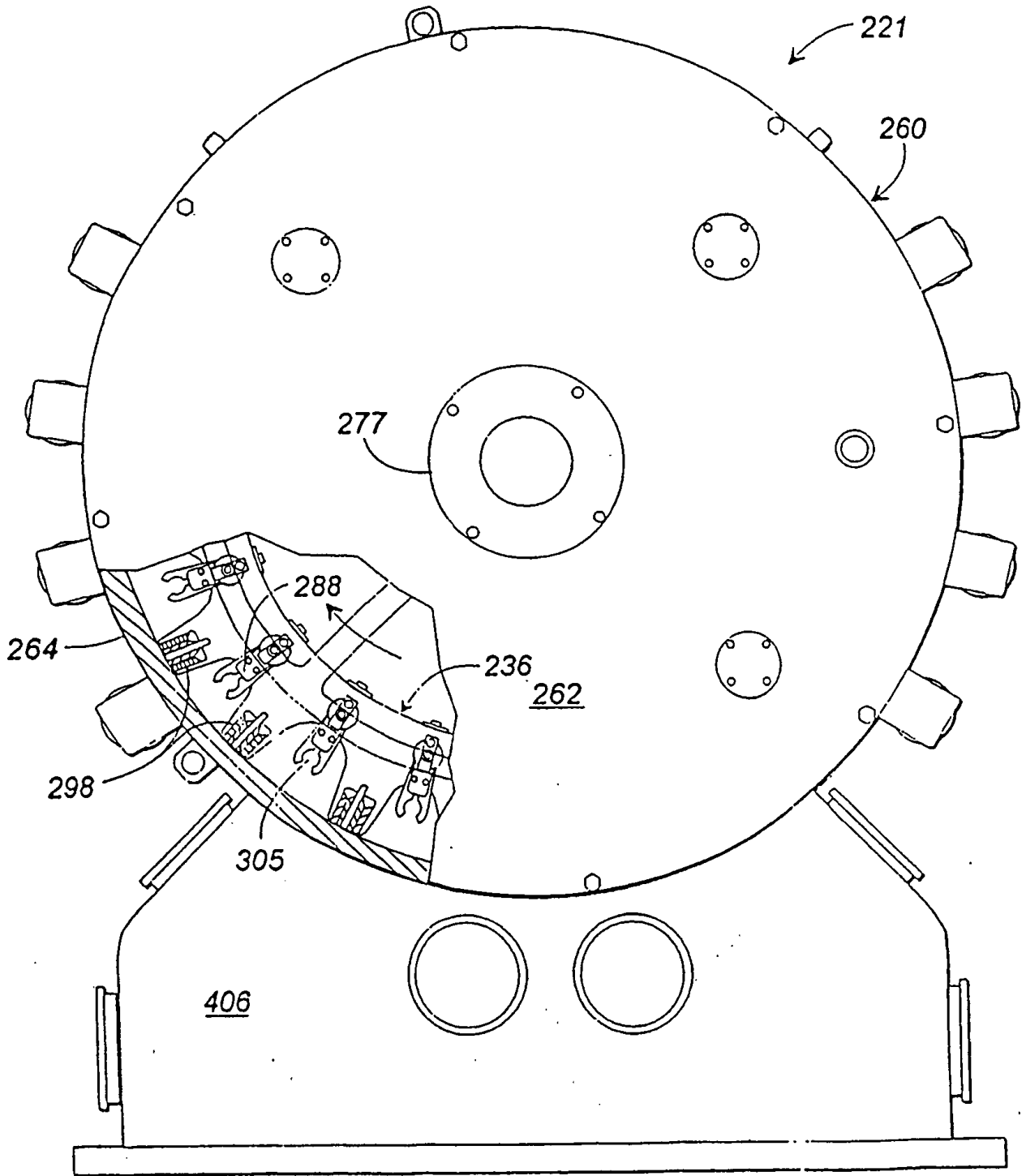


FIG. 11

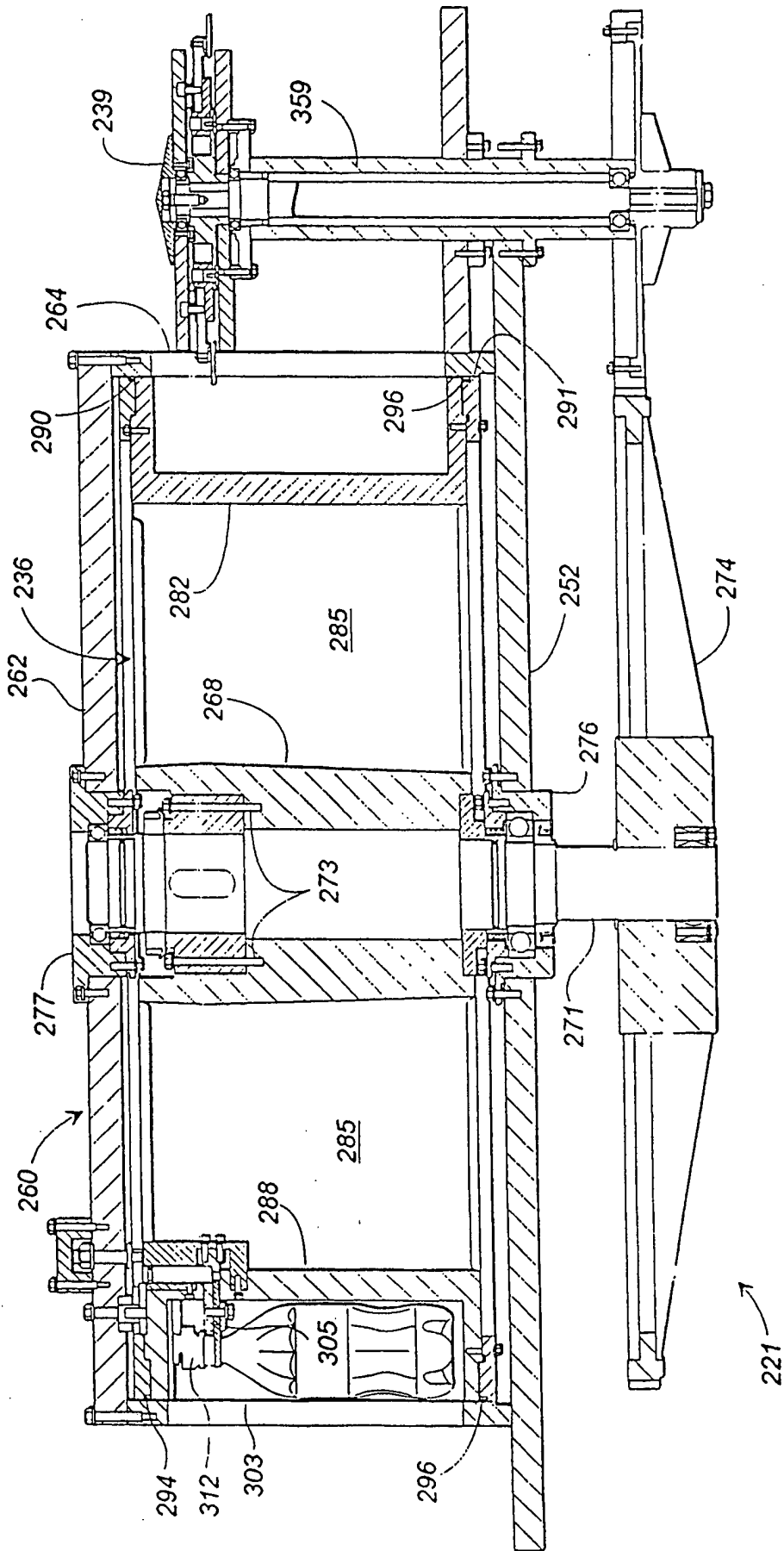


FIG. 12

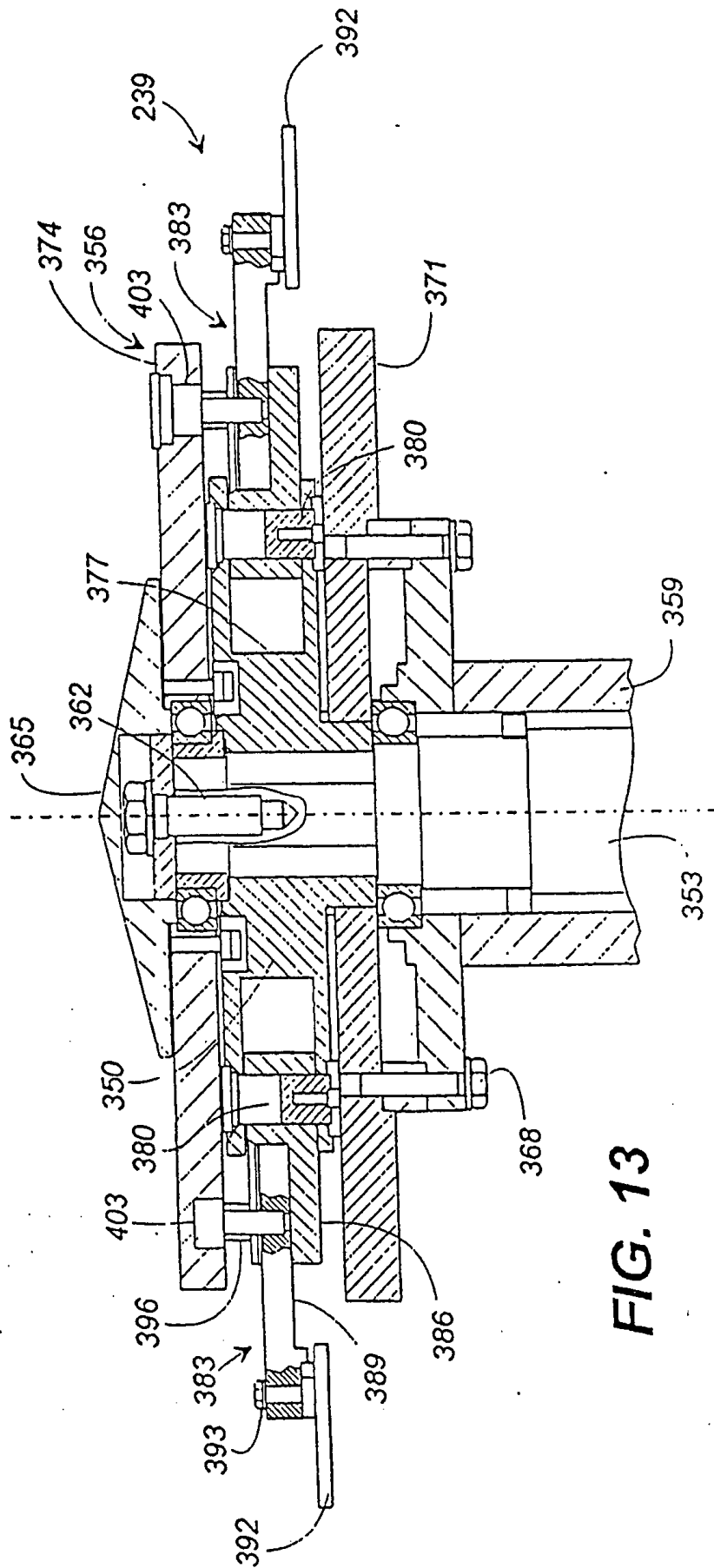


FIG. 13

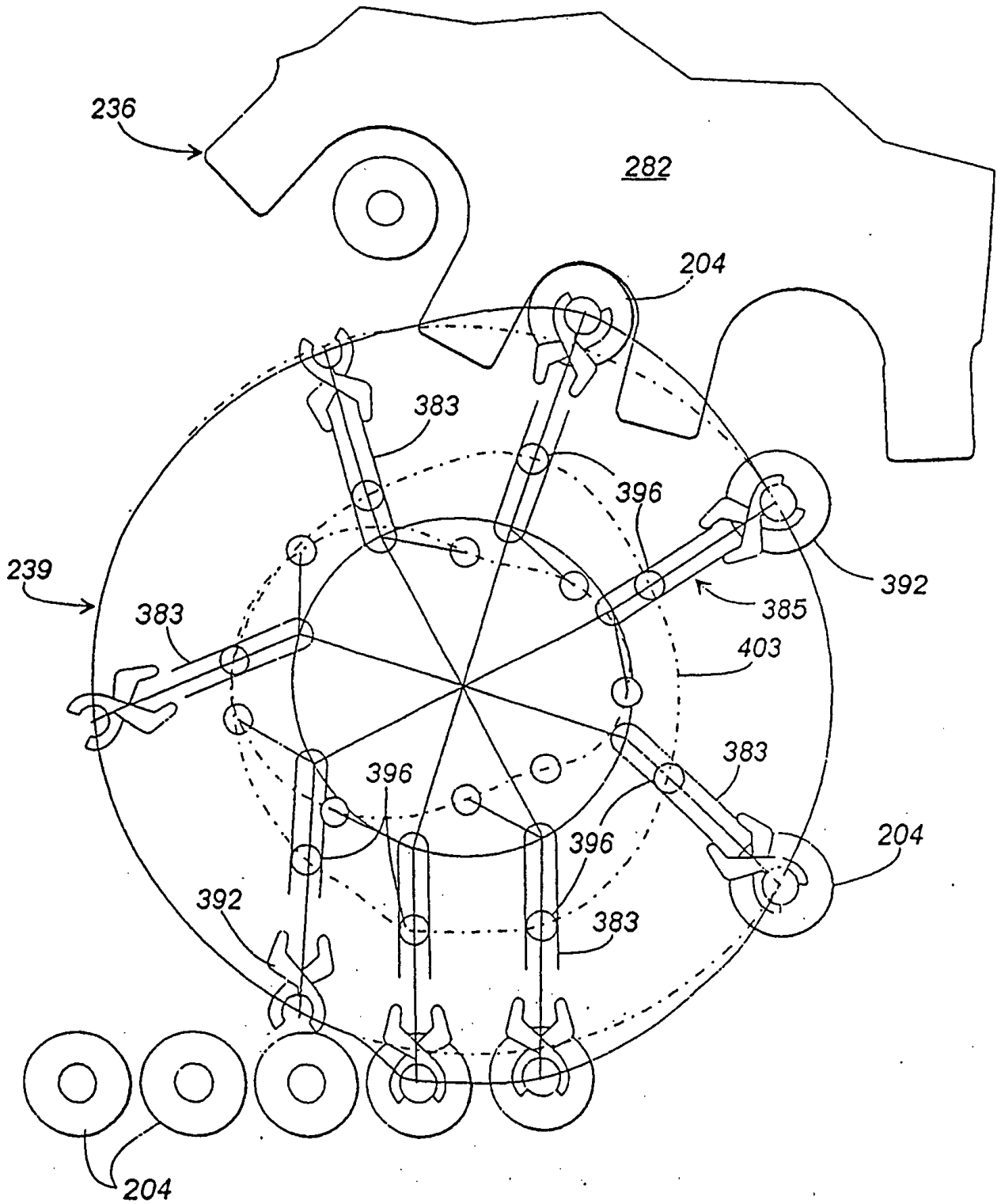


FIG. 14

PHYSIKALISCHES RECYCLING

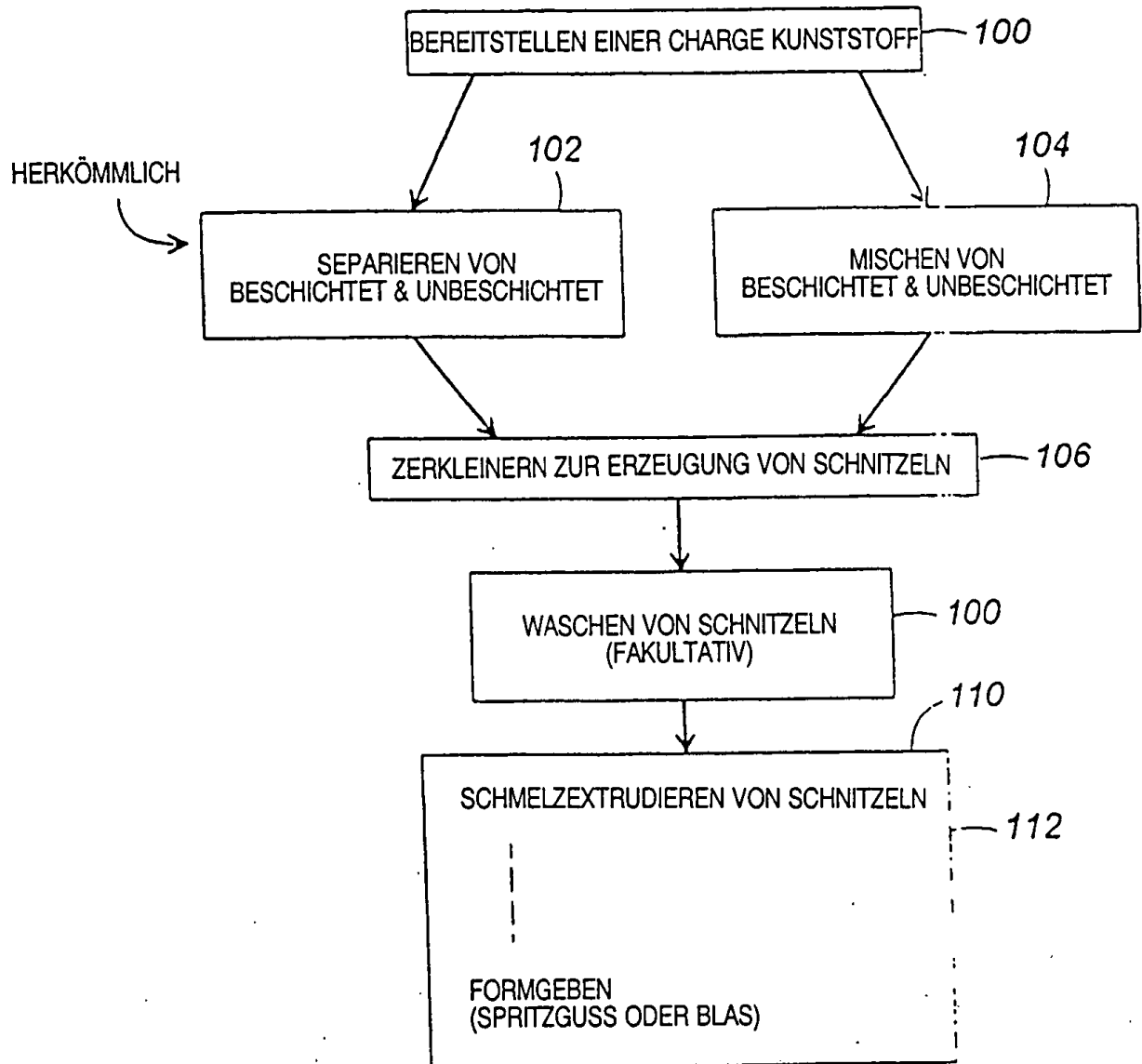
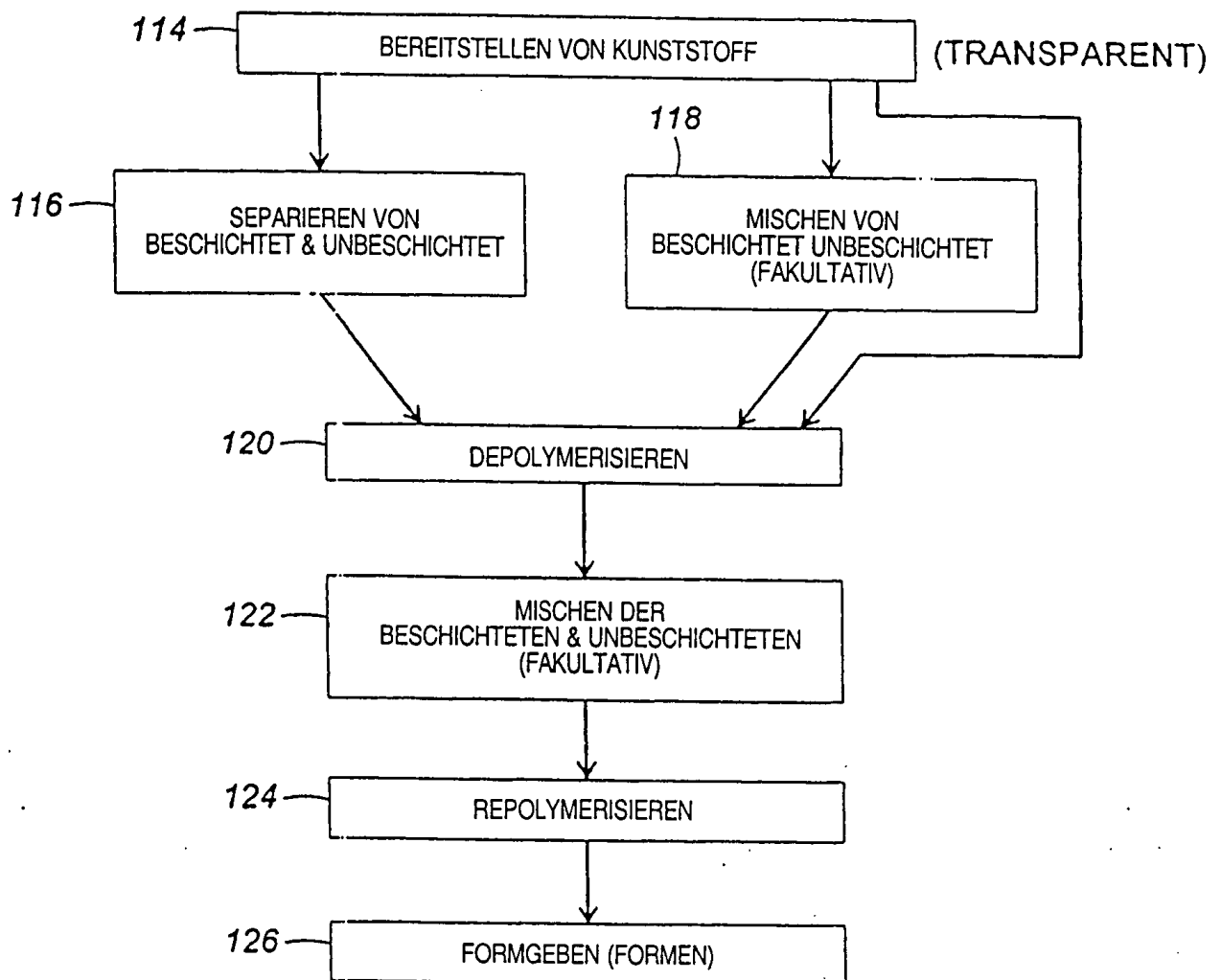


FIG. 15

CHEMISCHES RECYCLING

**FIG. 16**