

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50584/2023
(22) Anmeldetag: 20.07.2023
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2024

(51) Int. Cl.: **B29B 17/00** (2006.01)
B29B 17/04 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
KR 20220141697 A
BE 457281 A

(73) Patentinhaber:
Next Generation Elements GmbH
4101 Feldkirchen an der Donau (AT)

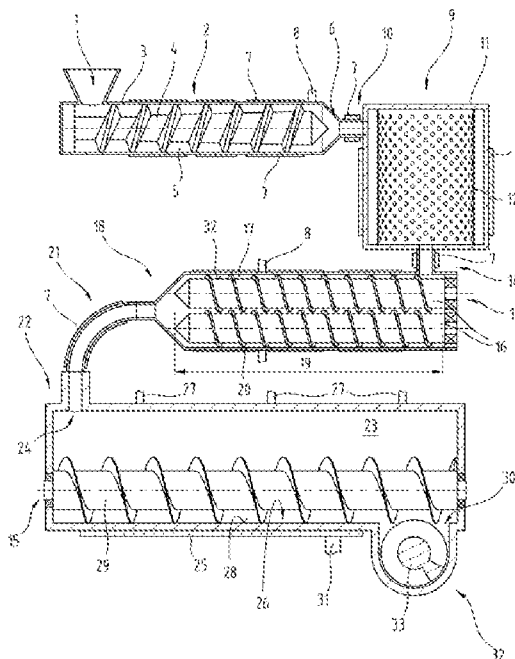
(72) Erfinder:
Wolf Sven Dipl.-Ing. Dr.
4865 Nußdorf am Attersee (AT)
Hackl Andreas Dipl.-Ing. Dr.
4810 Gmunden (AT)

(74) Vertreter:
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt
GmbH
4580 Windischgarsten (AT)

(54) Verfahren zur Aufbereitung von Kunststoffabfällen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aufbereitung von Kunststoffabfällen. Das Verfahren umfasst ein Bereitstellen von Kunststoffabfallmaterial mit einem Anteil an thermoplastischen Kunststoff(en) von mindestens 50 Gew. %, Erwärmen und Aufschmelzen des Kunststoffabfallmaterials mittels einer einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung, Abscheiden von nicht geschmolzenen Feststoffen aus der Kunststoffmaterialschnmelze mittels der Filtrationsvorrichtung und weiteres Erwärmen der filtrierte Kunststoffmaterialschnmelze mittels einer mehrwelligen Extrusionsvorrichtung. Des Weiteren wird die filtrierte Kunststoffmaterialschnmelze nach dem weiteren Erwärmen mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung in einen kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor überführt und in diesem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor bei einer Pyrolysetemperatur pyrolysiert. Die filtrierte Kunststoffmaterialschnmelze wird mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung vor dem Überführen in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor auf eine Austragstemperatur erwärmt, welche Austragstemperatur 50 °C niedriger bis 20 °C höher ist als die Pyrolysetemperatur in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor.

Fig.1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aufbereitung von Kunststoffabfällen.

[0002] Kunststoffmaterialien umfassen bedingt durch die vorgesehene Anwendung bzw. den beabsichtigten Gebrauch neben den eigentlichen polymeren Materialien oftmals weitere Substanzen, wie etwa Füllstoffe, Pigmente, Weichmacher, Stabilisatoren, Fasern und so weiter. Auch werden häufig Blends aus verschiedenen Polymeren eingesetzt. Darüber hinaus unterliegen Kunststoffmaterialien im Zuge des Gebrauchs naturgemäß einer gewissen Degradation, beispielsweise durch mechanische Beanspruchung oder UV-Strahlung. Aus all diesen Gründen ist eine direkte Wiederverwendung von Kunststoffabfällen, beispielsweise durch Aufschmelzen und Formen zu neuen Produkten in vielen Fällen nicht möglich, auch wenn dies wünschenswert wäre.

[0003] Eine alternative Methode zum Aufbereiten von Kunststoffabfällen ist Pyrolyse, also das chemische Zersetzen von makromolekularen Stoffen bei hohen Temperaturen unter zumindest weitestgehendem Sauerstoffausschluss. Mittels Pyrolyse können Kunststoffmaterialien zu wiederverwertbaren, niedermolekularen Substanzen zersetzt werden. Wie an sich bekannt werden durch Pyrolyse von Kunststoffmaterialien in der Regel gasförmige und feste Pyrolyseprodukte, sowie je nach Art des pyrolytisch zersetzten Kunststoffabfall gegebenenfalls auch flüssige Zersetzungsprodukte erhalten. Die so zu erhaltenden Pyrolyseprodukte können sodann zum Beispiel einer stofflichen Wiederverwendung zugeführt werden, etwa zur neuerlichen Herstellung von Polymeren eingesetzt werden. Aber auch eine thermische Verwertung solcher Pyrolyseprodukte, beispielsweise durch deren Verwendung als Heizgas, kommt natürlich in Betracht.

[0004] Eine Pyrolyse wird zumeist in einem Pyrolysereaktor durchgeführt, welcher unter Unterdruck gehalten oder mit Inertgas gespült wird und mittels Heizmittel, beispielsweise elektrischen Widerstandsheizungen oder aber auch mittels Heizgase beheizt wird. Oft werden auch Agitationsmittel zur Bewegung des zu pyrolysierenden Materials in einem Pyrolysereaktor eingesetzt. Solche Pyrolyseprozesse sind sehr energieintensiv und auch aufgrund des hohen Energieeintrags zum Aufheizen des zu pyrolysierenden Materials sehr schwierig thermisch zu steuern. Vor allem Schwankungen aufgrund sehr unterschiedlicher Art der umzusetzenden Kunststoffabfälle können prozess- bzw. steuerungstechnisch problematisch sein.

[0005] In WO 2013/171510 wird vorgeschlagen eine Pyrolyse von Kunststoffabfällen komplett in einem Doppelschnecken-Reaktor durchzuführen. Hierbei kann ein guter Teil der zur Pyrolyse benötigten thermischen Energie durch Umwandlung von mechanischer Energie, welche durch das Kneten des Kunststoffmaterials in dem Doppelschnecken-Reaktor bewirkt wird, eingebracht werden. Die Verwendung eines solchen Doppelschnecken-Reaktors zur Durchführung einer Pyrolyse bringt allerdings auch einige Nachteile mit sich. So muss ein solcher Doppelschnecken-Pyrolysereaktor sehr lang ausgestaltet sein, um eine ausreichende Verweildauer zur vollständigen Pyrolyse des eingesetzten Kunststoffmaterials zu erzielen. Dies setzt natürlich auch die Verwendung sehr langer Wellen voraus. Die entsprechend hohen Drehmomente führen zu starken Verdrehungen der Schnecken, weshalb auch die Auswahl des Werkstoffes für die Schnecken sehr eingeschränkt ist. Darüber hinaus stellen auch die erforderlichen, hohen Pyrolysetemperaturen, typischerweise von etwa 400 °C bis etwa 700 °C, eine zusätzliche, hohe Belastung für einen derartigen Doppelschnecken-Pyrolysereaktor dar. Die Wellen eines solchen Pyrolysereaktors stehen folglich sowohl unter starker mechanischer als auch thermischer Belastung, und sind durch die hohen Temperaturen und damit verringerter Festigkeit und gleichzeitiger, hoher mechanischer Beanspruchung sehr anfällig für Beschädigungen. Des Weiteren ist ganz besonders bei einem solchen Doppelschnecken-Reaktor eine sehr präzise Kontrolle der Prozessparameter erforderlich, um Schwankungen in der Art des eingebrachten Kunststoffmaterials handhaben zu können.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mittels welchem eine hohe Bandbreite an unterschiedlichen Kunststoffabfällen energieeffizient mit hohem Durchsatz, und gleichzeitig prozessstabil und prozesssicher pyrolytisch aufgearbeitet werden kann.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß den Ansprüchen gelöst.

[0008] Das Verfahren zur Aufbereitung von Kunststoffabfällen umfasst die folgenden Verfahrensschritte:

- Bereitstellen von Kunststoffabfallmaterial mit einem Anteil an thermoplastischen Kunststoff(en) von mindestens 50 Gew. %,
- Erwärmen und Aufschmelzen des Kunststoffabfallmaterials mittels einer einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung zu einer Kunststoffmaterialschemelze,
- Überführen der Kunststoffmaterialschemelze aus der einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung in eine Filtrationsvorrichtung und Abscheiden von nicht geschmolzenen Feststoffen aus der Kunststoffmaterialschemelze mittels der Filtrationsvorrichtung,
- Überführen der filtrierte Kunststoffmaterialschemelze in eine mehrwellige Extrusionsvorrichtung und weiteres Erwärmen der filtrierte Kunststoffmaterialschemelze mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung.

[0009] Bei dem Verfahren ist vorgesehen, dass die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze nach dem weiteren Erwärmen mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung in einen kontinuierlichen bzw. kontinuierlich arbeitenden Pyrolyseofenreaktor überführt und in diesem kontinuierlichen bzw. kontinuierlich arbeitenden Pyrolyseofenreaktor bei einer Pyrolysetemperatur pyrolysiert wird. Die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze wird hierbei mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung vor dem Überführen, insbesondere unmittelbar vor dem Überführen in den kontinuierlichen bzw. kontinuierlich arbeitenden Pyrolyseofenreaktor auf eine Austragstemperatur erwärmt, welche Austragstemperatur 50 °C niedriger bis 20 °C höher ist als die Pyrolysetemperatur in dem kontinuierlichen bzw. kontinuierlich arbeitenden Pyrolyseofenreaktor.

[0010] Die angegebenen Verfahrensschritte sind nicht als ausschließlich zu betrachten. Insbesondere kann das Verfahren weitere Verfahrensschritte umfassen, welche vor oder nach oder auch zwischen zwei der angeführten Verfahrensschritte ausgeführt werden können.

[0011] Durch die angegebenen Verfahrensmaßnahmen bzw. -schritte kann eine energieeffiziente und gleichzeitig sehr prozesssichere und -stabile Aufbereitung von Kunststoffabfällen durchgeführt werden. Da jeder der angegebenen Verfahrensschritte mittels jeweils einer separaten Vorrichtung durchgeführt wird, können die einzelnen Verfahrensschritte mittels jeweils dafür optimierter Vorrichtungen bewerkstelligt werden. Dies bringt eine hohe Prozesssicherheit bei der Durchführung der einzelnen Verfahrensschritte, wodurch wiederum auch hohe Durchsatzraten bzw. Aufbereitungsraten erzielbar sind. Dadurch, dass das aufzubereitende Kunststoffabfallmaterial sukzessive mittels Extrusionsvorrichtungen erwärmt bzw. aufgeschmolzen und auf zumindest annähernd Pyrolysetemperatur weiter erwärmt wird, kann auch ein Verfahren mit hoher Energieeffizienz bereitgestellt werden. Insbesondere kann eine Erwärmung des Kunststoffabfallmaterials zumindest partiell durch Umwandlung von mechanischer Energie durch das Kneten des Kunststoffabfallmaterials in den Extrusionsvorrichtungen ermöglicht werden.

[0012] Vorzugsweise kann das Verfahren derart gesteuert werden, dass die Pyrolyse zumindest größtenteils, zum Beispiel zu über 90 % oder sogar zur Gänze in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor durchgeführt wird, und dass in der strömungstechnisch vorgeschalteten, mehrwelligen Extrusionsvorrichtung nur in geringem Ausmaß, zum Beispiel 10 % oder weniger, bis gar keine Pyrolyse stattfindet. Dadurch kann eine allzu große mechanische Belastung insbesondere der Wellen der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung hintangehalten werden.

[0013] Wie sich herausgestellt hat, kann bei dem Verfahren speziell die Pyrolyse in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor sehr prozesssicher und mit hoher Prozessstabilität bewerkstelligt werden. Insbesondere kann eine sehr präzise Temperaturkontrolle bzw. Steuerung der Temperaturen in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor gewährleistet werden, ohne dass hierzu steuerungstechnisch komplexe bzw. aufwändige Eingriffe bzw. Maßnahmen erforderlich wären. Dadurch, dass das geschmolzene und filtrierte Kunststoffabfallmaterial bereits bei zumindest annähernd Pyrolysetemperatur in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor eingetragen bzw. eingebracht wird, kann der kontinuierliche Pyrolyseofenreaktor auch mit sehr gleichmäßiger Tempe-

ratur über den gesamten Pyrolyseofenreaktor langzeitstabil betrieben werden. Dies ermöglicht wiederum auch eine vollständige Pyrolyseführung mit einer sehr hohen Ausbeute an gewünschten Zersetzungsprodukten. Ein Entstehen von nicht mehr wiederverwertbaren Zersetzungsprodukten kann daher bei dem bzw. durch das angegebene Verfahren wirksam hintangehalten werden.

[0014] Die entstehenden Pyrolysegase können wie an sich bekannt über eine oder mehrere Entgasungsöffnung(en) aus dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor ausgebracht und sodann wiederverwertet werden. Zum Beispiel kann eine direkte oder zeitlich versetzte thermische und/oder stoffliche Verwertung der Pyrolysegase durchgeführt werden. Alternativ können die Pyrolysegase zum Beispiel auch kondensiert und zwecks späteren Wiederverwertung zwischengelagert werden. Auch feste Pyrolyseprodukte, meist in krümeliger Form vorliegend und häufig als Pyrolysekohle oder -koks bezeichnet, und gegebenenfalls flüssige Pyrolyseprodukte, meist mit bitumenartiger Konsistenz, können in bekannter Art und Weise aus dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor via Austragsöffnungen ausgebracht und sodann einer Wiederverwertung zugeführt werden.

[0015] Darüber hinaus kann durch die angegebenen Verfahrensschritte auch eine hohe Toleranz des Verfahrens gegenüber Schwankungen in der Art der bereitgestellten Kunststoffmaterialien erzielt werden. Mit anderen Worten ausgedrückt kann mittels des Verfahrens eine große Bandbreite an unterschiedlichen Kunststoffabfällen bzw. Kunststoffabfallmaterialien aufbereitet werden. In diesem Zusammenhang kann durchaus auch vorgesehen sein, dass das Bereitstellen von Kunststoffabfallmaterial auch ein Bereitstellen einer Mischung aus mehreren, unterschiedlichen Kunststoffabfallmaterialien umfasst, und dass eine solche Mischung aus Kunststoffabfallmaterialien auch gleichzeitig bzw. gemeinsam mittels der folgenden Verfahrensschritte aufgearbeitet wird. Dies schließt auch ein Bereitstellen von Kunststoffabfallmaterial mit mehreren, unterschiedlichen Polymeren mit ein.

[0016] Mittels der Filtrationsvorrichtung können insbesondere nicht geschmolzene Feststoffe mit einer Partikelgröße von 1 mm oder mehr, vorzugsweise 0,5 mm oder mehr abgeschieden werden.

[0017] Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze erst auf den letzten 20 % einer gesamten Extrusionsstrecke der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung auf die Austragstemperatur erwärmt wird.

[0018] Durch diese Maßnahme kann dafür gesorgt werden, dass nur ein sehr kleiner Teil der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung bei hohem Temperaturniveau betrieben wird, und somit die Materialbelastung insbesondere der Wellen der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung weiter verringert werden kann. Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze erst auf den letzten 10 %, insbesondere erst auf den letzten 3 % der gesamten Extrusionsstrecke der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung auf die Austragstemperatur erwärmt wird.

[0019] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsvariante des Verfahrens kann auch vorgesehen sein, dass die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung vor dem Überführen in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor auf eine Austragstemperatur erwärmt wird, welche Austragstemperatur 50 °C bis 5 °C niedriger ist als die Pyrolysetemperatur in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor.

[0020] Durch diese Maßnahme kann faktisch ausgeschlossen werden, dass eine unerwünschte Pyrolyse bereits in der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung noch vor dem Überführen in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor startet. Auch durch diese Maßnahme kann die mehrwellige Extrusionsvorrichtung wiederum wirksam vor allzu großen Belastungen geschützt werden bzw. schonend betrieben werden. Bevorzugt kann in dem Zusammenhang vorgesehen sein, dass die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung vor dem Überführen in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor auf eine Austragstemperatur erwärmt wird, welche Austragstemperatur 50 °C bis 10 °C niedriger ist als die Pyrolysetemperatur in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor.

[0021] Bei einer Weiterbildung des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass das weitere Erwärmen der filtierten Kunststoffmaterialschemelze mittels einer zweiwelligen Doppelschneckenextru-

sionsvorrichtung mit einem L/D-Verhältnis von 12 bis 32 durchgeführt wird.

[0022] Durch diese Maßnahme kann das weitere Erwärmen auf einer sehr kurz gehaltenen Extrusionsstrecke bewerkstelligt werden und müssen bei einer entsprechenden Extrusionsvorrichtung nur geringe Verdrehungen zum Einbringen der mechanischen Energie in die Kunststoffmaterialschmelze in Kauf genommen werden müssen.

[0023] Außerdem kann bei dem Verfahren von Vorteil sein, dass das weitere Erwärmen der filtrierten Kunststoffmaterialschmelze mittels einer zweiwelligen Doppelschneckenextrusionsvorrichtung, deren Fördersegmente ein radial wirksames Spiel S_{KG} zwischen Scheckenkamm einer der beiden Schnecken und Schneckenrund der anderen der beiden Schnecken von 0,5 mm bis 2 mm, vorzugsweise 1 mm bis 2 mm, aufweist, durchgeführt wird.

[0024] Durch diese Maßnahme kann die mechanische Belastung im Zuge des weiteren Erwärmens wiederum geringgehalten werden. Dies wie festgestellt wurde trotzdem unter weitestgehendem Erhalt der Selbstreinigung der beiden Schnecken. Eine Materialverblockung, insbesondere im überlappenden Arbeitsbereich der beiden Schnecken und damit ein Blockieren kann durch die angegebene Maßnahme wirksam hintangehalten werden. Das angegebene, radial wirksame Spiel S_{KG} ist zum Beispiel in Klemens Kohlgrüber: „Der gleichläufige Doppelschneckenextruder“, ISBN: 978-3-446-43361-8, spezifiziert, und wird an dieser Stelle auf diese Literatur verwiesen bzw. Bezug genommen.

[0025] Bei einer weiteren, bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens kann es zweckmäßig sein, wenn die filtrierte und weiter erwärmte Kunststoffmaterialschmelze von der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor via eine in einem Deckenbereich einer Reaktorkammer des kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktors angeordneten Eintragsöffnung überführt wird, und dass durch die Pyrolyse entstehende feste und/oder flüssige Pyrolyseprodukte mittels einer Spiralförderschnecke entlang eines horizontal oder zumindest annähernd horizontal ausgerichteten Bodenbereichs im Inneren der Reaktorkammer, in Richtung einer von der Eintragsöffnung horizontal versetzt und in dem Bodenbereich angeordneten Austragsöffnung transportiert werden.

[0026] Eine Verfahrensführung mittels eines derartigen, kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktors erlaubt eine kontinuierliche und sehr gleichmäßige Durchführung der Pyrolyse, inklusive eines kontinuierlichen Austrags der festen, und gegebenenfalls auch von flüssigen Pyrolyseprodukten. Dadurch, dass vor allem die Kunststoffmaterialschmelze als auch die im Zuge der Pyrolyse entstehenden festen Pyrolyseprodukte lediglich im Bodenbereich der Reaktorkammer verschoben werden, treten auch so gut wie keine mechanischen Belastungen bei den hohen Pyrolysetemperaturen in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor auf. Zudem kann die Oberfläche des zu pyrolysierenden Kunststoffmaterials ständig erneuert werden, wodurch die Effizienz der Pyrolyse gesteigert werden kann. Dies ermöglicht, die Pyrolyse selbst in sehr schonender aber gleichzeitig vollständiger Art und Weise auszuführen.

[0027] In diesem Zusammenhang kann des Weiteren von Vorteil sein, wenn die durch die Pyrolyse entstandenen festen Pyrolyseprodukte via die Austragsöffnung in eine Austragsvorrichtung aufweisend eine Austragsschnecke überführt werden, und mittels der Austragsvorrichtung von dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor weg transportiert werden.

[0028] Durch diese Maßnahme können die festen Pyrolyseprodukte kontinuierlich und rasch aus dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor ausgebracht und von dem Pyrolyseofenreaktor weg transportiert werden. Hierbei kann vorteilhafterweise im Zuge des Wegtransports auch eine Abkühlung der festen Pyrolyseprodukte erfolgen.

[0029] Bei einer Weiterbildung des Verfahrens kann auch vorgesehen sein, dass die Filtrationsvorrichtung während des Abscheidens der nicht geschmolzenen Feststoffe aus der Kunststoffmaterialschmelze mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) beheizt wird.

[0030] Hierdurch kann ein zu großes Absinken der Temperatur im Zuge des Abscheidens wirksam hintangehalten, und damit ein unvorteilhaftes, zusätzliches Erwärmen mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung erübrigt werden. Dies ist auch deswegen vorteilhaft, da in diesem Falle

die erforderliche Länge der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung möglichst geringgehalten werden kann, und somit die mehrwellige Extrusionsvorrichtung mit möglichst geringem Drehmoment betrieben werden kann.

[0031] Des Weiteren kann es zweckmäßig sein, wenn die Kunststoffmaterialschemelze im Zuge des Überführens von der einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung in die Filtrationsvorrichtung mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) beheizt wird und/oder wenn die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze im Zuge des Überführens von der Filtrationsvorrichtung in die mehrwellige Extrusionsvorrichtung mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) beheizt wird.

[0032] Durch diese Maßnahmen kann insbesondere ein Abkühlen im Zuge der jeweiligen Überführungen wirksam hintangehalten werden, und muss die Kunststoffmaterialschemelze respektive die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze nicht jeweils zusätzlich erwärmt bzw. aufgeheizt werden.

[0033] Außerdem kann bei dem Verfahren aber auch vorgesehen sein, dass die filtrierte und weiter erwärmte Kunststoffmaterialschemelze im Zuge des Überführens von der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) beheizt wird.

[0034] Durch diese Maßnahme kann vor allem die Pyrolyse in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor bei sehr gleichmäßigen und stabilen Temperaturverhältnissen über den gesamten Pyrolyseofenreaktor durchgeführt werden. Dies erlaubt eine sehr prozesssichere und vollständige Durchführung der Pyrolyse, ohne dass komplexe, steuerungstechnische Eingriffe bzw. Anpassungen zur Stabilisierung der Temperatur in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor durchgeführt werden müssen.

[0035] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figur näher erläutert.

[0036] Es zeigt in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0037] Fig. 1 Ein Ausführungsbeispiel für eine Anlage zur Aufbereitung von Kunststoffabfällen zur Veranschaulichung des Verfahrens

[0038] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0039] Bei dem Verfahren zur Aufbereitung von Kunststoffabfällen wird eingangs ein Kunststoffabfallmaterial bereitgestellt. Wie beim Rezyklieren von Kunststoffabfällen an sich üblich kann das aufzuarbeitende Kunststoffabfallmaterial in zerkleinerter Form, zum Beispiel hergestellt durch Schreddern von Kunststoffgegenständen zu Flakes bereitgestellt werden. Hierbei können durchaus auch Mischungen aus mehreren, unterschiedlichen Kunststoffabfallmaterialien bereitgestellt werden. Dies schließt auch ein Bereitstellen von Kunststoffabfallmaterial mit mehreren, unterschiedlichen Polymeren mit ein. Zwecks der weiteren Verarbeitung bzw. Aufbereitung ist das Kunststoffabfallmaterial insgesamt mit einem Anteil an thermoplastischen Kunststoff(en) bzw. thermoplastischen Polymeren von mindestens 50 Gew. % bereitzustellen. Dies insbesondere um extrusionsfähig zu sein.

[0040] Wie in Fig. 1 grob schematisch veranschaulicht ist, kann das bereitgestellte Kunststoffabfallmaterial sodann über eine Einfüllöffnung 1 in eine einwellige Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 gefüllt bzw. kontinuierlich dosiert werden. Mittels dieser einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 wird Kunststoffabfallmaterial sodann erwärmt und zu einer Kunststoffmaterialschemelze aufgeschmolzen. Das Aufschmelzen des Kunststoffabfallmaterials soll hierbei deswegen mittels einer einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 vorgenommen werden, da eine solche einwellige Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 sehr robust gegenüber

Beschädigungen durch nicht schmelzende, partikuläre Bestandteile des Kunststoffabfallmaterials ist. Derartige Partikel werden in der einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 mit dem oder den geschmolzenen, thermoplastischen Kunststoff(en) mittransportiert bzw. mitgefördert.

[0041] Die einwellige Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 weist wie an sich bekannt zum Kneten und Aufschmelzen sowie Fördern des bereitgestellten Kunststoffabfallmaterials eine in einem Gehäuse 3 rotierend gelagerte Schnecke 4 auf. Nach dem Aufschmelzen wird die gebildete Kunststoffmaterialschmelze mittels dieser Schnecke 4 in einem Arbeitshohlraum 5 der einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 in Richtung einer Austragsöffnung 6 des Gehäuses 3 transportiert bzw. gefördert. Die Kunststoffmaterialschmelze kann beim Austragen aus der einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 typischerweise eine Temperatur von etwa 200 °C bis 350 °C aufweisen.

[0042] In der Fig. 1 ist die einwellige Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 sowie ihre Bestandteile nur stark schematisch und teilweise auch unvollständig dargestellt. Selbstverständlich kann die einwellige Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 wie an sich bekannt zum Beispiel mit einer Wärmeisolierung versehen sein (in Fig. 1 nicht näher dargestellt). Auch die Schnecke 4 der einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 ist nur grob schematisch dargestellt, und kann selbige wie ebenfalls bekannt beispielsweise sektionsweise ohne Transportgewinde ausgeführt sein, und stattdessen Sektionen bzw. Abschnitte wie etwa Knetzonen bzw. abschnittsweise andere Schneckenelemente, welche zum Beispiel nicht zur Förderung der Kunststoffmaterialschmelze ausgelegt sind, aufweisen. Wie in Fig. 1 gezeigt, kann die einwellige Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 des Weiteren eine oder mehrere Heizvorrichtung(en) 7, zum Beispiel elektrische Widerstands-Heizelemente oder mit Heizfluids beaufschlagbare Heizvorrichtung(en) umfassen, um das Kunststoffabfallmaterial bzw. die Kunststoffmaterialschmelze in dem Arbeitshohlraum 5 auch extern beheizen zu können. Darüber hinaus kann auch eine oder mehrere Entgasungsöffnung(en) 8 vorgesehen sein, um flüchtige Bestandteile aus dem Arbeitshohlraum 5 bzw. der darin transportierten Kunststoffmaterialschmelze entfernen zu können.

[0043] Wie weiters in der Fig. 1 gezeigt ist, wird die mittels der einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 gebildete Kunststoffmaterialschmelze aus der einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 in eine Filtrationsvorrichtung 9 überführt. Dies kann, wie in Fig. 1 skizziert ist via eine Verbindung 10, beispielsweise ein Rohrstück bewerkstelligt werden. Vorzugsweise kann die Kunststoffmaterialschmelze im Zuge des Überführens von der einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 in die Filtrationsvorrichtung 9 beheizt werden, beispielsweise wiederum mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) 7. Auch die Verbindung 10 kann natürlich gegenüber der Umgebung wärmeisoliert sein.

[0044] Mittels der bzw. in der Filtrationsvorrichtung 9 wird ein Abscheiden von nicht geschmolzenen Feststoffen aus der Kunststoffmaterialschmelze durchgeführt. Mittels der Filtrationsvorrichtung können insbesondere nicht geschmolzene Feststoffe mit einer Partikelgröße von 1 mm oder mehr, vorzugsweise 0,5 mm oder mehr abgeschieden werden.

[0045] Im Grunde genommen kann jedwede Filtrationsvorrichtung 9 eingesetzt werden, welche zum Filtrieren von Kunststoffmaterialschmelzen geeignet ist. Eine bevorzugte Ausführungsvariante für eine Filtrationsvorrichtung 9 kann einen zylindrischen, drehbar bzw. rotierbar in einem ebenfalls zylindrischen Gehäuse 11 angeordneten Filter 12 aufweisen und zum kontinuierlichen Filtrieren einer Kunststoffmaterialschmelze ausgebildet sein, wie dies schematisch in Fig. 1 gezeigt ist. Des Weiteren kann eine Filtrationsvorrichtung zweckmäßigerweise einen oder mehrere Abstreifer zum Abheben von ausfiltrierten Feststoffen von dem Filter 12 und eine Austragseinrichtung zum Abführen dieser ausfiltrierten Feststoffe aus der Filtrationsvorrichtung 12 aufweisen (in Fig. 1 nicht näher dargestellt).

[0046] Wie dies in Fig. 1 veranschaulicht ist, kann die Filtrationsvorrichtung 9 während des Abscheidens der nicht geschmolzenen Feststoffe aus der Kunststoffmaterialschmelze mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) 7 vorzugsweise beheizt werden, um ein Absinken der Temperatur der Kunststoffmaterialschmelze während der Filtration hintanzuhalten bzw. zu vermeiden. Aus demselben Grund kann die Filtrationsvorrichtung wiederum auch mit einer Wärmeisolierung

ausgestattet sein.

[0047] Nach dem Abscheiden von nicht geschmolzenen Feststoffen wird die so filtrierte Kunststoffmaterialschemelze wie in der Fig. 1 veranschaulicht in eine mehrwellige Extrusionsvorrichtung 13 überführt. Das Überführen kann wiederum über eine Verbindung 14, beispielsweise ein Rohrstück erfolgen, wobei eine solche Verbindung 14 wiederum wärmeisoliert ausgeführt sein kann. Darüber hinaus kann die die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze im Zuge des Überführens von der Filtrationsvorrichtung 9 in die mehrwellige Extrusionsvorrichtung 13 beheizt werden, zum Beispiel mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) 7 wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 gezeigt.

[0048] Mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 wird ein weiteres Erwärmen der filtrierten Kunststoffmaterialschemelze durchgeführt. Vorzugsweise erfolgt in der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 selbst jedoch nur ein geringes Ausmaß an der gesamten Pyrolyse, zum Beispiel 10 % oder weniger der gesamten Pyrolyse, oder sogar noch gar keine Pyrolyse.

[0049] Stattdessen ist bei dem Verfahren vorgesehen, dass die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze nach dem weiteren Erwärmen mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 wie in Fig. 1 gezeigt in einen kontinuierlichen bzw. kontinuierlich arbeitenden Pyrolyseofenreaktor 15 überführt und in diesem Pyrolyseofenreaktor 15 bei einer Pyrolysetemperatur pyrolysiert wird. Die Pyrolysetemperatur kann je nach dem eingangs bereitgestellten Kunststoffabfallmaterial typischerweise etwa 400 °C bis 750 °C betragen.

[0050] Die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze wird bei dem Verfahren mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 vor dem Überführen bzw. unmittelbar vor dem Überführen in den kontinuierlichen bzw. kontinuierlich arbeitenden Pyrolyseofenreaktor 15 auf eine Austragstemperatur erwärmt wird, welche Austragstemperatur 50 °C niedriger bis 20 °C höher ist als die Pyrolysetemperatur in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor 15. Die mehrwellige Extrusionsvorrichtung 13 wird demgemäß lediglich bzw. hauptsächlich zum Erwärmen der filtrierten Kunststoffmaterialschemelze in die Nähe der Pyrolysetemperatur eingesetzt, während der überwiegende Teil der Pyrolyse, zum Beispiel über 90 % oder die Pyrolyse sogar gänzlich in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor durchgeführt wird.

[0051] Die mehrwellige Extrusionsvorrichtung 13 kann vorzugsweise als Doppelschneckenextruder mit gleichlaufenden Schnecken 16 ausgeführt sein, wie dies bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 auch dargestellt ist. Die beiden Schnecken 16 einer solchen zweiwelligen Doppelschneckenextrusionsvorrichtung 13 können somit mit gleichem Drehsinn rotiert werden, wobei die beiden Rotationsachsen der Schnecken 16 zueinander parallel angeordnet sein können. Wie im Falle der einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2 können auch die beiden Schnecken 16 der zweiwelligen Doppelschneckenextrusionsvorrichtung 13 sektionsweise ohne Transportgewinde ausgeführt sein, und stattdessen Sektionen bzw. Abschnitte wie etwa Knetzonen bzw. abschnittsweise andere Schneckenelemente, welche zum Beispiel nicht zur Förderung der Kunststoffmaterialschemelze oder zur Rückförderung der Kunststoffmaterialschemelze ausgelegt sind, aufweisen. Alternativ zu dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform als gleichläufiger Doppelschneckenextruder kann eine zweiwellige Doppelschneckenextrusionsvorrichtung 13 beispielsweise aber auch als gegenläufiger Doppelschneckenextruder, oder auch als Doppelschneckenextruder mit konisch zulaufenden Schnecken ausgeführt sein.

[0052] Ganz grundsätzlich sind zum weiteren Erwärmen der filtrierten Kunststoffmaterialschemelze auch andere Varianten an mehrwelligen Extrusionsvorrichtungen, zum Beispiel sogenannte Ring-Extruder oder auch Planetenwalzen-Extruder, denkbar.

[0053] Die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze wird in einem Arbeitshohlraum 17 der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 in Richtung einer Auslassöffnung 18 gefördert bzw. transportiert, und mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 hierbei weiter auf die Austragstemperatur erwärmt. Dieses Erwärmen kann primär durch innere Reibung in der filtrierten Kunststoffmaterialschemelze aufgrund des intensiven Durchknetens selbiger in der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 erzielt werden. Dies ist wie an sich bekannt mittels eines Doppelschneckenextruders

ganz besonders effizient zu bewerkstelligen. Dennoch kann auch vorgesehen sein, dass die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze zusätzlich mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) 7 weiter erwärmt wird, wie dies auch anhand des in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiels ersichtlich ist. Auch kann die mehrwellige Extrusionsvorrichtung 13 wiederum eine Wärmeisolierung gegenüber der Umgebung aufweisen. Darüber hinaus kann auch die mehrwellige Extrusionsvorrichtung 13 Entgasungsöffnungen 8 zum Ausbringen von flüchtigen Bestandteilen aus der filtrierte Kunststoffmaterialschemelze umfassen.

[0054] Im Speziellen kann das weitere Erwärmen der filtrierte Kunststoffmaterialschemelze mittels einer zweiwelligen Doppelschneckenextrusionsvorrichtung 13 mit einem L/D-Verhältnis von 12 bis 32 durchgeführt werden. Eine solche Ausführungsform der zweiwelligen Doppelschneckenextrusionsvorrichtung 13 hat sich hinsichtlich der aufzuwendenden Drehmomente der beiden Schnecken 16 als besonders günstig erwiesen. Dies da die aufzuwendenden Drehmomente geringgehalten werden können und trotzdem eine Erwärmung auf die jeweilige Austragstemperatur erzielbar ist.

[0055] Das weitere Erwärmen der filtrierte Kunststoffmaterialschemelze kann insbesondere mittels einer zweiwelligen Doppelschneckenextrusionsvorrichtung 13, deren Fördersegmente ein radial wirksames Spiel S_{KG} zwischen Schneckenkamm 20 einer der beiden Schnecken 16 und Schneckengrund 32 der anderen der beiden Schnecken 16 von 0,5 mm bis 2 mm, vorzugsweise 1 mm bis 2 mm, aufweist, durchgeführt werden.

[0056] Vorzugsweise kann bei dem Verfahren die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze erst auf den letzten 20 % einer gesamten Extrusionsstrecke 19 der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 auf die Austragstemperatur erwärmt werden. Im Speziellen kann die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze erst auf den letzten 10 %, insbesondere erst auf den letzten 3 % einer gesamten Extrusionsstrecke 19 der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 auf die Austragstemperatur erwärmt werden.

[0057] Außerdem kann die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 vor dem Überführen in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor 15 bevorzugt auf eine Austragstemperatur erwärmt werden, welche Austragstemperatur 50 °C bis 5 °C, besonders bevorzugt 50 °C bis 10 °C niedriger ist als die Pyrolysetemperatur in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor 15, da hierdurch ein Starten der Pyrolyse in der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 vermieden und die mehrwellige Extrusionsvorrichtung 13 geschont werden kann.

[0058] Im Zuge des weiteren Erwärmens der filtrierte Kunststoffmaterialschemelze können selbiger in der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 auch Hilfsstoffe beigemischt werden. Bei diesen Hilfsstoffen kann es sich beispielsweise um Stabilisatoren oder auch um Katalysatoren für die nachfolgende Pyrolyse handeln. Vorzugsweise können solche Hilfsstoffe eher am Anfang der gesamten Extrusionsstrecke 19 beigemischt werden, um eine möglichst homogene Verteilung dieser Hilfsstoffe in der filtrierte Kunststoffmaterialschemelze zu erzielen. Beispielsweise können solche Hilfsstoffe der filtrierte Kunststoffmaterialschemelze auf den ersten 50 %, vorzugsweise den ersten 30 % der gesamten Extrusionsstrecke 19 der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 beigemischt werden.

[0059] Nach dem weiteren Erwärmen auf die Austragstemperatur mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 wird wie bereits erwähnt die filtrierte und weiter erwärmte Kunststoffmaterialschemelze in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor 15 überführt, zum Beispiel via eine weitere Verbindung 21, wie dies anhand des in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel erkennbar ist. Auch bei dieser Verbindung 21 kann es sich wiederum zum Beispiel um ein Rohrstück handeln, und kann auch diese Verbindung gegenüber der Umgebung wärmeisoliert sein. Des Weiteren kann in dem Zusammenhang auch wieder vorgesehen sein, dass die filtrierte und weiter erwärmte Kunststoffmaterialschemelze im Zuge des Überführens von der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor 15 mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) 7 beheizt wird, wie in Fig. 1 veranschaulicht ist.

[0060] In Fig. 1 ist zur Veranschaulichung für eine vorzugsweise Verfahrensführung für die ei-

gentliche Pyrolyse ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel für einen kontinuierlichen bzw. kontinuierlich arbeitenden Pyrolyseofenreaktor 15 dargestellt.

[0061] Wie anhand des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1 ersichtlich ist, kann vorzugsweise das filtrierte und weiter erwärmte Kunststoffmaterial von der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor 15 via eine in einem Deckenbereich 22 einer Reaktorkammer 23 des kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktors 15 angeordneten Eintragsöffnung 24 überführt werden. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel kann etwa die Verbindung 21 in diese Eintragsöffnung 24 münden.

[0062] Die Reaktorkammer 23 des kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktors 15 kann zum Beispiel wiederum mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) 25 beheizt bzw. auf eine jeweils gewünschte Pyrolysetemperatur gebracht bzw. gehalten werden und kann natürlich auch der kontinuierliche Pyrolyseofenreaktor 15 eine Wärmeisolierung aufweisen. Bei dem in der Fig. 1 dargestellten, bevorzugten Ausführungsbeispiel kann zum Beispiel nur in einem Bodenbereich 26 des kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktors 15 eine Heizvorrichtung 25, beispielsweise wiederum ein elektrisches Widerstandsheizelement, vorgesehen sein, welche Heizvorrichtung 25 zudem leistungssarm ausgeführt sein kann, da ja die zu pyrolysierende Kunststoffmaterialschnmelze bereits bei zumindest annähernd Pyrolysetemperatur in die Reaktorkammer 23 des kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktors 15 eingebracht wird. Alternativ zu dem in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel sind auch andere Methoden zum Beheizen der Reaktorkammer 23 des Pyrolyseofenreaktors 15 denkbar, etwa ein Beheizen mit einem Heizgas über einen Wärmetauscher oder in Einleiten eines Heizgases direkt in die Reaktorkammer 23.

[0063] Durch die Pyrolyse wird die eingebrachte Kunststoffmaterialschnmelze in der Reaktorkammer 23 des kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktors 15 thermisch zersetzt.

[0064] Hierbei entstehen zum einen Pyrolysegase, welche wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 dargestellt über einen Gasauslass 27 oder mehrere Gasauslässe 27 aus der Reaktorkammer 23 abgeleitet werden können. Diese Pyrolysegase können sodann direkt einer stofflichen und/oder thermischen Wiederverwertung zugeführt werden, beispielsweise erneut zu makromolekularen Stoffen polymerisiert werden. Alternativ ist auch ein Zuleiten der Pyrolysegase zu Kondensationsvorrichtungen möglich, sodass diese Kondensate zum Beispiel für eine spätere Wiederverwertung zwischengelagert werden können.

[0065] Außerdem entstehen durch die Pyrolyse der in der Reaktorkammer in aller Regel auch feste Pyrolyserückstände, und gegebenenfalls in Abhängigkeit von dem bereitgestellten Kunststoffabfallmaterial auch flüssige Rückstände. Wie anhand des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1 erkennbar, können diese durch die Pyrolyse entstehenden festen und/oder flüssigen Pyrolyseprodukte jeweils entlang einer horizontal oder zumindest annähernd horizontal ausgerichteten Bodenfläche 28 im Inneren der Reaktorkammer 23 mittels einer nur mit der Bodenfläche 28 kämmenden, in der Reaktorkammer rotierten Spiralförderschnecke 29, in Richtung einer von der Eintragsöffnung 24 horizontal versetzt und in dem Bodenbereich 26 der Reaktorkammer 23 angeordneten Austragsöffnung 30 transportiert werden. Der Transport der festen und gegebenenfalls auch von flüssigen Pyrolyseprodukten kann hierbei mittels einer sehr langsam rotierten Spiralförderschnecke 29 erfolgen, um eine ausreichende Verweilzeit in der Reaktorkammer 23 des kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktors 15, und damit eine möglichst vollständige Pyrolyse durchführen zu können.

[0066] Allenfalls durch die Pyrolyse entstehende, flüssige Pyrolyseprodukte können zum Beispiel wie im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 dargestellt über einem in dem Bodenbereich 26 der Reaktorkammer 23 angeordneten Auslass 31 aus dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor 15 abgeleitet werden.

[0067] Die durch die Pyrolyse entstandenen festen Pyrolyseprodukte können vorzugsweise via die Austragsöffnung 30 in eine Austragsvorrichtung 32 aufweisend eine Austragsschnecke 33 überführt werden, und mittels der Austragsvorrichtung 32 von dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor 15 weg transportiert werden, wie dies auch anhand des in der Fig. 1 dargestellten Aus-

führungsbeispiels veranschaulicht ist.

[0068] Nach dem Austrag aus dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor 15 können sodann auch die festen und allfällig entstandene flüssige Pyrolyseprodukte einer stofflichen und/oder thermischen Wiederverwertung zugeführt werden.

[0069] Anders als anhand des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1 gezeigt, kann das Verfahren auch mittels mehr als nur jeweils einer Einzelschneckenextrusionsvorrichtung 2, Filtrationsvorrichtung 9, zweiwelliger Extrusionsvorrichtung 13 und/oder Pyrolyseofenreaktor 15 ausgeführt werden. Vielmehr können auch mehrere der genannten Vorrichtungen 2, 9, 13, 15 in Kombination zur Ausführung des Verfahrens eingesetzt werden, wobei auch eine unterschiedliche Anzahl der jeweiligen Vorrichtungen 2, 9, 13, 15 kombiniert eingesetzt werden können. Insbesondere kann bei dem Verfahren vorgesehen sein, dass mehrere, einwellige Einzelschneckenextrusionsvorrichtungen 2 zum Erwärmen und Aufschmelzen des Kunststoffabfallmaterials eingesetzt werden, wobei die hierdurch gebildete Kunststoffmaterialschmelze sodann vorzugsweise via eine oder mehrere Filtrationsvorrichtung(en) 9 in eine einzelne, mehrwellige Extrusionsvorrichtung 13 überführt, und nach dem weiteren Erwärmen in dieser einzelnen, mehrwelligen Extrusionsvorrichtung 13 sodann in wiederum einen einzelnen, kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor 15 eingebracht werden kann.

[0070] Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

[0071] Der Schutzbereich ist durch die Ansprüche bestimmt. Die Beschreibung und die Zeichnungen sind jedoch zur Auslegung der Ansprüche heranzuziehen. Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen können für sich eigenständige erfinderische Lösungen darstellen. Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

[0072] Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mitumfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereiche beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1, oder 5,5 bis 10.

[0073] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Elemente teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

BEZUGSZEICHENLISTE

- | | | | |
|----|---------------------------------------|----|-----------------|
| 1 | Einfüllöffnung | 30 | Austragsöffnung |
| 2 | Einzel Schneckenextrusionsvorrichtung | 31 | Auslass |
| 3 | Gehäuse | 32 | Schneckengrund |
| 4 | Schnecke | | |
| 5 | Arbeitshohlraum | | |
| 6 | Austragsöffnung | | |
| 7 | Heizvorrichtung | | |
| 8 | Entgasungsöffnung | | |
| 9 | Filtrationsvorrichtung | | |
| 10 | Verbindung | | |
| 11 | Gehäuse | | |
| 12 | Filter | | |
| 13 | Extrusionsvorrichtung | | |
| 14 | Verbindung | | |
| 15 | Pyrolyseofenreaktor | | |
| 16 | Schnecke | | |
| 17 | Arbeitshohlraum | | |
| 18 | Auslassöffnung | | |
| 19 | Extrusionsstrecke | | |
| 20 | Schneckenkamm | | |
| 21 | Verbindung | | |
| 22 | Deckenbereich | | |
| 23 | Reaktorkammer | | |
| 24 | Eintragsöffnung | | |
| 25 | Heizvorrichtung | | |
| 26 | Bodenbereich | | |
| 27 | Gasauslass | | |
| 28 | Bodenfläche | | |
| 29 | Spiralförderschnecke | | |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufbereitung von Kunststoffabfällen, umfassend die Verfahrensschritte
 - Bereitstellen von Kunststoffabfallmaterial mit einem Anteil an thermoplastischen Kunststoff(en) von mindestens 50 Gew. %,
 - Erwärmen und Aufschmelzen des Kunststoffabfallmaterials mittels einer einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung (2) zu einer Kunststoffmaterialschemelze,
 - Überführen der Kunststoffmaterialschemelze aus der einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung (2) in eine Filtrationsvorrichtung (9) und Abscheiden von nicht geschmolzenen Feststoffen aus der Kunststoffmaterialschemelze mittels der Filtrationsvorrichtung (9),
 - Überführen der filtrierte Kunststoffmaterialschemelze in eine mehrwellige Extrusionsvorrichtung (13) und weiteres Erwärmen der filtrierte Kunststoffmaterialschemelze mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung (13),**dadurch gekennzeichnet**, dass die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze nach dem weiteren Erwärmen mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung (13) in einen kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor (15) überführt und in diesem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor (15) bei einer Pyrolysetemperatur pyrolysiert wird, wobei die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung (13) vor dem Überführen in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor (15) auf eine Austragstemperatur erwärmt wird, welche Austragstemperatur 50 °C niedriger bis 20 °C höher ist als die Pyrolysetemperatur in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor (15).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze erst auf den letzten 20 % einer gesamten Extrusionsstrecke (19) der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung (13) auf die Austragstemperatur erwärmt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze mittels der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung (13) vor dem Überführen in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor (15) auf eine Austragstemperatur erwärmt wird, welche Austragstemperatur 50 °C bis 5 °C niedriger ist als die Pyrolysetemperatur in dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor (15).
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weitere Erwärmen der filtrierte Kunststoffmaterialschemelze mittels einer zweiwelligen Doppelschneckenextrusionsvorrichtung (13) mit einem L/D-Verhältnis von 12 bis 32 durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weitere Erwärmen der filtrierte Kunststoffmaterialschemelze mittels einer zweiwelligen Doppelschneckenextrusionsvorrichtung (13), deren Fördersegmente ein radial wirksames Spiel S_{KG} zwischen Schneckenkamm (20) einer der beiden Schnecken (16) und Schneckenrund (32) der anderen der beiden Schnecken (16) von 0,5 mm bis 2 mm aufweist, durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die filtrierte und weiter erwärmte Kunststoffmaterialschemelze von der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung (13) in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor (15) via eine in einem Deckenbereich (22) einer Reaktorkammer (23) des kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktors (15) angeordneten Eintragsöffnung (24) überführt wird, und dass durch die Pyrolyse entstehende feste und/oder flüssige Pyrolyseprodukte jeweils entlang einer horizontal oder zumindest annähernd horizontal ausgerichteten Bodenfläche (28) im Inneren der Reaktorkammer (23) mittels einer nur mit der Bodenfläche (28) kämmenden, in der Reaktorkammer (23) rotierten Spiralförderschnecke (29), in Richtung einer von der Eintragsöffnung (24) horizontal versetzt und in einem Bodenbereich (26) der Reaktorkammer (23) angeordneten Austragsöffnung (30) transportiert werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die durch die Pyrolyse entstandenen festen Pyrolyseprodukte via die Austragsöffnung (30) in eine Austragsvorrichtung (32) aufweisend eine Austragsschnecke (33) überführt werden, und mittels der Austragsvorrichtung (32) von dem kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor (15) weg transportiert werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Filtrationsvorrichtung (9) während des Abscheidens der nicht geschmolzenen Feststoffe aus der Kunststoffmaterialschemelze mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) (7) beheizt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kunststoffmaterialschemelze im Zuge des Überführens von der einwelligen Einzelschneckenextrusionsvorrichtung (2) in die Filtrationsvorrichtung (9) mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) (7) beheizt wird und/oder dass die filtrierte Kunststoffmaterialschemelze im Zuge des Überführens von der Filtrationsvorrichtung (9) in die mehrwellige Extrusionsvorrichtung (13) mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) (7) beheizt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die filtrierte und weiter erwärmte Kunststoffmaterialschemelze im Zuge des Überführens von der mehrwelligen Extrusionsvorrichtung (13) in den kontinuierlichen Pyrolyseofenreaktor (15) mittels einer oder mehrerer Heizvorrichtung(en) (7) beheizt wird.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Fig.1

