

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 639 631 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **94112796.1**

51 Int. Cl.⁶: **C10G 1/10**

22 Anmeldetag: **17.08.94**

30 Priorität: **21.08.93 DE 4328188**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.02.95 Patentblatt 95/08

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE DE ES FR GB IT NL SE

71 Anmelder: **HOECHST AKTIENGESELLSCHAFT**

D-65926 Frankfurt (DE)

72 Erfinder: **Gerhardus, Ulrich**
Im Torfveen 4

D-46147 Oberhausen (DE)

Erfinder: **Hanke, Horst, Dr.**

Hubertusstrasse 12

D-46485 Wesel (DE)

Erfinder: **Hibbel, Josef**

Bruchsteg 13

D-46147 Oberhausen (DE)

Erfinder: **Leder, Norbert**

Burgstrasse 19

D-46147 Oberhausen (DE)

Erfinder: **Poloszyk, Klaus**

Overbergstrasse 25

D-46282 Dorsten (DE)

Erfinder: **Scheve, Heinz**

Im Torfveen 18

D-46147 Oberhausen (DE)

Erfinder: **Schmidt, Volkmar**

Lützowstrasse 49

D-46147 Oberhausen (DE)

54 **Verfahren zur Herstellung von Synthesegas.**

57 Kunststoffabfälle werden thermisch zu überwiegend flüssigen Produkten gespalten und die Spaltprodukte durch partielle Oxidation in Synthesegas überführt.

EP 0 639 631 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Umwandlung von Kunststoffabfällen in Synthesegas, das als Rohstoff für chemische Synthesen verwendet werden kann.

Eines der drängendsten Umweltprobleme, dem sich die Fachwelt gegenübersteht, ist die Beseitigung von Abfällen, darunter auch solchen aus Kunststoff. Die bisher vielfach geübte Lagerung derartiger Materialien in Mischung mit anderen Abfällen in Deponien hat sich als fragwürdig erwiesen, weil sie die langfristige Einwirkung auf Grundwasser und Boden nicht berücksichtigte. Durch Lagerung in Sonderdeponien bemüht man sich, solchen Umweltbelastungen vorzubeugen, weil aber entsprechende Abladestätten nur in begrenztem Umfang zur Verfügung stehen, wird die Lösung der Aufgabe, die Abfälle umweltneutral zu beseitigen, tatsächlich nur in die Zukunft verschoben.

Daher hat man sich in letzter Zeit vielfach bemüht, Verfahren zur Aufarbeitung der genannten Abfälle zu entwickeln. Sie haben nicht allein die Schonung der Umwelt zum Ziel, sondern häufig auch die Gewinnung verwertbarer Produkte aus den ihrer eigentlichen Bestimmung nicht mehr unmittelbar zuzuführenden Stoffe.

Die Aufarbeitung gebrauchter oder nicht typgerechter Kunststoffe zum wiederverwertbaren Ursprungsmaterial scheitert in den meisten Fällen daran, daß Abfälle Kunststoffe verschiedener stofflicher Zusammensetzung enthalten. Es ist leicht einzusehen, daß sich solche Gemische im allgemeinen nicht zu einem Ursprungswerkstoff aufarbeiten lassen. Die Trennung der Gemische in Anteile gleicher stofflicher Beschaffenheit scheitert an der Schwierigkeit, die einzelnen Komponenten zu identifizieren. Aber auch aus Abfällen identischer Kunststoffe kann nur ausnahmsweise das Ausgangsmaterial in ursprünglicher Qualität wiedergewonnen werden, weil durch die erforderlichen chemischen und/oder physikalischen Behandlungsschritte die molekulare Struktur der Polymerisate und damit ihre ursprünglichen Eigenschaften verändert werden.

Durch Verbrennen können Kunststoffabfälle nur dann ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen entsorgt werden, wenn sichergestellt ist, daß hierbei keine Schadstoffe in die Umwelt gelangen. Diese Voraussetzung ist nur in Ausnahmefällen gegeben, denn häufig enthalten sie chlorhaltige, aber auch schwefel- oder stickstoffhaltige Bestandteile sowie Schwermetalle, die bei der Verbrennung zu unerwünschten Verbrennungsprodukten führen. Entstaubung und Rauchgaswäsche, gegebenenfalls spezielle Verbrennungsvorrichtungen, sind dann unerlässlich. Förder- und Dosierungsprobleme können zusätzlich dann auftreten, wenn die Abfälle nicht brennbare und nicht schmelzende Fremdstoffe enthält. Überdies sprechen wirtschaftliche Gründe dagegen, hochwertige Veredelungsprodukte petrochemischer Rohstoffe wie deren Rohstoffe, nämlich Erdöl und Erdölprodukte, zu verbrennen.

Statt sie zu verbrennen, hat man nicht mehr verwertbare Kunststoffe auch thermisch gespalten. Die hierzu entwickelten Verfahren sind vielgestaltig. So erhält man durch Abbau von Polyethylen bei 400 bis 450 °C ein Gasolin-Kerosin-Gemisch (C.A. Vol. 76, 1972, 158024 q). Dieser Prozeß kann auch in Gegenwart von Nickelkatalysatoren durchgeführt werden (Chem. Ind. XXIII, 1971, 630). Die Spaltung Kohlenstoff enthaltender organischer Abfälle synthetischen oder überwiegend synthetischen Ursprungs erfolgt nach dem Verfahren der EP-A-291 698 unter hydrierenden Bedingungen und ergibt überwiegend Kohlenwasserstofffraktionen im Benzin und Mittelöl-(Dieselöl)-Siedebereich. Abfälle aus Kunststoff und Kautschuk werden nach dem in der DE-C-2 205 001 beschriebenen Prozeß thermisch bei 250 bis 450 °C in Gegenwart einer bei der Reaktionstemperatur flüssigen Hilfsphase gespalten. Es entstehen über 90 % flüssige Kohlenwasserstoffe und nur in untergeordneten Mengen Ruß.

Ein vordergründiges Ziel der thermischen Aufbereitung ist die Umwandlung der Kunststoffe in flüssige Brennstoffe, die leicht gefördert und dosiert und in der Verbrennungsluft homogen verteilt werden können, um eine rauch- und rußfreie Verbrennung sicherzustellen. Eine vorherige Verwendung der Kohlenwasserstoffe z.B. als Lösungs-, Extraktions- oder Reinigungsmittel ist dabei nicht ausgeschlossen.

Ein entscheidender Nachteil der bekannten Verfahren ist das Erfordernis, die Kunststoffe unter Einhaltung entsprechender Temperaturen und Verweilzeiten sehr weitgehend abzubauen. Überdies erfordern sie eine aufwendige Abtrennung der in den Kunststoffen oftmals enthaltenen Feststoffe wie anorganische oder organische Pigmente, Trübungsmittel und Füllstoffe.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Kunststoffabfälle in technisch verwertbare Rohstoffe umzuwandeln. Hierbei sollen in die Kunststoffe eingearbeitete Feststoffe im Aufbereitungsprozeß konzentriert und frei von organischen Bestandteilen anfallen, so daß sie umweltschonend entsorgt werden können.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung von Synthesegas aus Kunststoffabfällen. Es ist dadurch gekennzeichnet, daß die Abfälle thermisch überwiegend zu flüssigen Produkten gespalten und die flüssigen Spaltprodukte durch partielle Oxidation in Synthesegas überführt werden.

Der Begriff Kunststoffabfälle im Sinne des neuen Verfahrens ist sehr weit zu fassen. Er schließt einheitliche Stoffe und Stoffgemische gleich welcher Herkunft und Zusammensetzung ein. Nach ihrem thermischen Verhalten leiten sich die Abfälle von thermoplastischen oder duroplastischen Kunststoffen her. Zu den Kunststoffabfällen zählen gebrauchte Kunststoffe, die zu Verpackungszwecken dienten oder als Werkstoffe, z.B. in der Bau-, Elektro- oder Textilindustrie, im Maschinen- und Fahrzeugbau, verwendet

wurden oder zu Artikeln des täglichen Bedarfs, wie Haushalts- und Sportgeräte oder Spielzeug verarbeitet worden waren. Kunststoffabfälle sind auch Fehlchargen und nicht verwertbare Reste und Rückstände aus Produktion und Verarbeitung. Als Kunststoffabfälle kann man daher kurz Kunststoffmaterial bezeichnen, das sich nicht regenerieren oder einer anderen wirtschaftlichen Verwertung zuführen läßt. Nach dem neuen

5 Verfahren lassen sich Abfälle z.B. folgender Kunststoffe verarbeiten: Polyolefine, Vinylharze wie Polyvinylchlorid, Polyvinylacetat und Polyvinylalkohol, ferner Polystyrole, Polycarbonate, Polymethylenoxide, Polyacrylate, Polyurethane, Polyamide, Polyesterharze sowie gehärtete Epoxidharze. Besonders einfach ist das Verfahren mit thermoplastischen Kunststoffen durchzuführen.

Erfindungsgemäß wird das Einsatzmaterial, aus dem grobe Verunreinigungen wie Metalle, Glas und

10 keramische Werkstoffe mechanisch abgetrennt wurden, thermisch zu niedermolekularen Bruchstücken abgebaut. Grundsätzlich sind für diesen Verfahrensschritt alle bekannten Prozesse geeignet, die bevorzugt flüssige und nur in untergeordneter Menge gasförmige Zersetzungsprodukte und/oder Ruß ergeben. Die Spaltung der polymeren Verbindungen kann in Gegenwart oder Abwesenheit von Wasserstoff erfolgen. Ebenso ist eine nachträgliche Hydrierung der Spaltprodukte möglich; es ist jedoch in keinem Teilschritt der

15 thermischen Vorbehandlung der Abfälle zwingend erforderlich, unter hydrierenden Bedingungen zu arbeiten. Die Wahl des für den thermischen Abbau der Kunststoffe geeigneten Verfahrens hängt daher weitgehend von den jeweiligen Gegebenheiten ab.

Die Depolymerisation der Kunststoffabfälle führt nicht nur zu gut dosierbaren und homogenen, flüssigen Produkten. Sie hat insbesondere auch eine Entchlorierung der in den Kunststoffabfällen vielfach vorhandenen, Chlor enthaltenden Kunststoffe zur Folge. Das Halogen wird als Chlorwasserstoff abgespalten, der aus den gasförmigen Abbauprodukten in bekannter Weise ausgewaschen wird. Die flüssigen Spaltprodukte enthalten Chlor nur noch in geringen Mengen, die bei der anschließenden Vergasung tolerierbar sind.

Als besonders geeignet hat sich die thermische Aufbereitung der Kunststoffabfälle bei Temperaturen zwischen 250 und 450 °C unter Verwendung einer, bei der Reaktionstemperatur flüssigen Hilfsphase erwiesen (vgl. DE-C-2 205 001). Diese Hilfsphase dient insbesondere zur Übertragung der Wärme auf die

25 Einsatzstoffe im Spaltreaktor. Darüber hinaus fördert sie den thermischen Abbau dadurch, daß sie die Einsatzstoffe in vielen Fällen gelartig aufquellen läßt. Als Hilfsphase werden mit Erfolg solche Stoffe angewandt, die die eingesetzten Abfallprodukte und die Spaltprodukte bei der gegebenen Reaktionstemperatur zumindest teilweise lösen. Bewährt haben sich natürliche oder künstliche wachartige Kohlenwasserstoffe, ferner Polyglykole und insbesondere die flüssigen Abbauprodukte der Kunststoffabfälle selbst.

Der Abbau der aufzubereitenden Abfälle wird dadurch gefördert, daß man sie vor der thermischen Spaltung mechanisch zerkleinert. Überdies kann er durch Zusatz geeigneter Katalysatoren beschleunigt werden. So lassen sich Abfälle, die vorwiegend Polyolefine enthalten, in Gegenwart von Mangan-, Vanadin-, Kupfer-, Chrom-, Molybdän- oder Wolframverbindungen bei erhöhter Temperatur leicht in niedermolekulare

35 Bruchstücke aufspalten. Die katalytisch wirksamen Metalle können in den Kunststoffen bereits in Form der Zuschlagstoffe vorliegen, so daß sich ihr Zusatz erübrigt.

Die Umwandlung der hochmolekularen Einsatzstoffe erfolgt in herkömmlichen Reaktoren, z.B. in geschlossenen, mit einer Heizvorrichtung versehenen Rührkesseln. Üblicherweise arbeitet man in einer Stufe. Insbesondere wenn sich bei der Aufarbeitung von Abfällen aggressive Gase entwickeln, empfiehlt es

40 sich, den Spaltprozeß zwei- oder mehrstufig durchzuführen, wobei die Spaltung in den einzelnen Stufen im allgemeinen nicht bei gleicher Temperatur, sondern mit von Stufe zu Stufe ansteigenden Temperaturen betrieben wird. So hat es sich bei Einsatz Chlor enthaltender Polymerer als zweckmäßig erwiesen, wasserfeuchte Kunststoffe zunächst bei mäßiger Temperatur, die noch nicht zur HCl-Abspaltung führt, zu trocknen, um eine korrosive Beanspruchung der Reaktorwerkstoffe durch wäßrigen Chlorwasserstoff zu vermeiden. Erst nach der Trocknung wird die Temperatur soweit gesteigert, daß sich als Folge der Spaltung

45 der Polymerisate Chlorwasserstoff bildet. Die Entchlorierung kann in einer zusätzlichen Stufe durch weitere Erhöhung der Temperatur und der Verweilzeit vervollständigt werden. Der stufenweise thermische Abbau Chlor enthaltender polymerer Substanzen ermöglicht es, durch Wahl der Reaktionstemperatur, die aggressive Gase entwickelnden Spaltprodukte bevorzugt in der ersten Spaltstufe anzureichern, so daß bei der

50 nachfolgenden Abtrennung der für die Umwelt schädlichen Gase nur ein Teil der Spaltprodukte einer Reinigungsvorrichtung zugeführt werden müssen. Hervorzuheben ist jedoch, daß selbst Kunststoffabfälle, die Chlor in einer Größenordnung von etwa 5 Gew.-% enthalten, nach dem erfindungsgemäßen Verfahren in flüssige Spaltprodukte umgewandelt werden können, deren Chlorgehalt nur wenige 100 ppm beträgt.

Die Spaltprodukte siedeln im Bereich des Rohbenzins (Naphtha) und der Mitteldestillate und besitzen

55 auch die Viskosität dieser Erdölfraktionen. Sie lassen sich daher mit üblichen Vorrichtungen pumpen.

Bei der Spaltung entstandene Kohlenwasserstoffe verlassen den Reaktor zum Teil als Dämpfe in Mischung mit Chlorwasserstoff und geringen Mengen anderer Spaltgase wie Kohlenmonoxid, Wasserstoff, Stickstoff und Ammoniak. Sie werden aus dem gasförmigen Gemisch durch partielle Kondensation als

aschefreies Kondensat gewonnen. Es ist ein für die weitere Aufarbeitung, z.B. auf Naphtha, geeigneter Rohstoff. Die chlorwasserstoffhaltige Gasphase kann z.B. in etwa 30 %ige Salzsäure überführt werden.

Der restliche Anteil des Spaltproduktes, der die gesamte Asche enthält, wird flüssig ausgetragen und allein oder in Mischung mit anderen Rohstoffen, z.B. Naphtha, mit Wasserdampf und Sauerstoff zu Synthesegas umgesetzt.

Diese Reaktion kann ebenfalls nach bekannten Verfahren erfolgen. Geeignet sind insbesondere Prozesse, die eine problemlose Abtrennung der Asche und ihre Gewinnung ohne fremde Beimischungen erlaubt. Die Lösung dieser Aufgabe erfordert einen möglichst hohen Kohlenstoffumsatz im Reaktor, um den Austrag von Ruß zusammen mit der Asche zu vermeiden. Ferner sind für das Rohgas, das flüssige Asche mitführt, besondere Kühlvorrichtungen vorzusehen. Bewährt hat sich die unmittelbare Kühlung mit Wasser in einem Quenchkühler oder einem aus Strahlungskühler und Konvektionskühler bestehenden System. Der Kühlstufe schließen sich Wasserwäschen an, in der letzte Aschereste entfernt werden. Die Asche kann in Deponien gelagert oder zu Metallen aufgearbeitet werden.

Ein Verfahren, das insbesondere hinsichtlich der Schadstoffvermeidung den vorstehend skizzierten Ansprüchen genügt, ist z.B. in der EP-A-0 515 950 beschrieben. Es ist dadurch charakterisiert, daß man das Einsatzmaterial unter Bedingungen oxidiert, die zur Bildung von etwa 0,1 bis etwa 0,3 Gew.-% Ruß, bezogen auf den in Form von Kohlenwasserstoffen eingesetzten Kohlenstoff, führen. Diese Arbeitsweise läßt sich mit Erfolg auch auf die Umwandlung der Spaltprodukte von Kunststoffabfällen in Kohlenmonoxid-Wasserstoff-Gemische anwenden. In diesem Fall ist der Kohlenstoffgehalt der depolymerisierten Kunststoffe Bezugsgröße für den Rußanteil. Seine Höhe wird dabei in bekannter Weise über die zugeführte Sauerstoffmenge eingestellt, überdies kann sich der Einsatz eines speziell gestalteten Brenners empfehlen (vgl. z.B. EP-B-0 095 103). Die Vergasung selbst erfolgt bei Temperaturen zwischen 1100 und 1500 °C und einem Druck von 1 bis 10 MPa. Das den Vergasungsreaktor mit einer Temperatur von 1300 bis 1500 °C verlassende Rohgas enthält neben Ruß in der angegebenen Menge Metalle und/oder Metallverbindungen in flüssiger Form. Es wird zunächst in einem Strahlungskühler auf 500 bis 1000 °C vorgekühlt, ein Temperaturbereich, in dem die metallischen Verunreinigungen ohne wesentlichen Kontakt mit der Kühlerwandung erstarren. Die festen Partikel setzen sich zum Teil im Wassersumpf des Strahlungskühlers ab und werden von dort ausgetragen. Zur weiteren Abkühlung auf 150 bis 300 °C, vorzugsweise 260 bis 280 °C, leitet man das noch restliche Anteile feiner Metallpartikel und Rußteilchen enthaltende Rohgas in einen Konvektionskühler. Weil die vom Gas mitgeführten Verunreinigungen bereits im Strahlungskühler erstarrt sind, beeinträchtigen sie die Wirksamkeit des Konvektionskühlers durch Verlegung der Strömungswege und Ablagerungen auf den Austauschflächen nicht. Die nahezu restlose Abscheidung der Feststoffe erfolgt durch Waschen des Gases mit Wasser. Dieser Teilschritt des Verfahrens wird zweckmäßigerweise mit Hilfe von Naßabscheidern des Standes der Technik z.B. mit Wasser berieselte Füllkörpertürmen, die gegebenenfalls auch in Verbindung mit Venturiwäschern angewandt werden können, durchgeführt. Aus dem Waschwasser wird die Asche durch mechanische Abtrennung, z.B. Filtration, gewonnen.

Das durch Vergasung der depolymerisierten Kunststoffabfälle erhaltene Kohlenmonoxid-/Wasserstoffgemisch kann unmittelbar als Ausgangsstoff für chemische Reaktionen, z.B. für die Oxosynthese, eingesetzt werden. Entsprechend der Zusammensetzung von Kunststoffabfällen ist das C/H-Verhältnis ihrer Spaltprodukte niedriger als das schwerer Heizöle, dem üblichen Rohstoff für die Synthesegask Gewinnung. Das für bestimmte Anwendungen (z.B. im Oxoprozeß) benötigte CO/H₂-Verhältnis von 1 : 1 wird daher nicht immer erreicht. Um den Wasserstoffanteil zu vermindern, kann aus dem feststofffreien Rohgas in einer Membrananlage eine wasserstoffreiche Fraktion abgetrennt werden, die verbrannt oder durch Konvertierung zu reinem Wasserstoff aufgearbeitet wird. Selbstverständlich läßt sich aber auch das Gasgemisch insgesamt durch Konvertierung in Wasserstoff überführen.

In der Abbildung ist das neue Verfahren in Form eines Blockschemas dargestellt. Kunststoffabfälle werden in der Depolymerisationsstufe thermisch bei Temperaturen, die, abhängig vom Verfahren, im Bereich von 200 bis 500 °C liegen, zu flüssigen Produkten abgebaut, deren Fließfähigkeit etwa der schwerer Heizöle bei gleicher Temperatur entsprechen. Die Depolymerisation wird von der Abspaltung von Chlorwasserstoff aus chlorhaltigen Kunststoffen begleitet, der Chlorwasserstoff wird mit Wasser aus dem Reaktionsprodukt ausgewaschen und in bekannter Weise, z.B. zu 30 %iger Rohsäure, aufgearbeitet. In Sonderfällen kann der Chlorwasserstoff auch in einer alkalischen Wäsche neutralisiert werden. Der Spaltung schließt sich die Vergasung, d.h. die partielle Oxidation der depolymerisierten Abfälle mit Sauerstoff in Gegenwart von Wasserdampf, an. Im Spaltprodukt in geringer Konzentration verbleibende Chlor-Kohlenstoff-Verbindungen beeinträchtigen diesen Verfahrensschritt nicht. Das bei der Vergasung resultierende CO/H₂-Gemisch wird zur Entfernung von Feststoffen und HCl mit Wasser, dem gegebenenfalls alkalische Reagenzien, wie Alkalicarbonat oder -hydroxid, zugesetzt wurde, gewaschen. Zur Herstellung von Synthesegas mit einem bestimmten, von der Zusammensetzung des Rohgases abweichenden CO/H₂-Verhältnisses

wird das Rohgas über ein Membranfilter geführt.

Statt Synthesegas kann aus dem Rohgas auch Wasserstoff gewonnen werden. Hierzu wird es konvertiert, das resultierende CO_2/H_2 -Gemisch einer chemischen Wäsche zugeführt und in einer Druckwechsel-Absorptionsstufe in CO_2 und H_2 aufgetrennt.

5

Beispiel

Zurückgeführtes Verpackungsmaterial aus Kunststoff mit einem Gehalt von 2,5 Gew.-% Wasser und 3,3 Gew.-% Chlor wird in einer flüssigen Hilfsphase, die durch thermische Spaltung von Kunststoffabfällen erhalten wurde, suspendiert und zur Abtrennung des Wassers auf etwa 130°C erhitzt. Darauf überführt man die Kunststoffsuspension in den Spaltreaktor, in dem die Depolymerisation des Einsatzmaterials bei etwa 350°C und einer Verweilzeit von etwa 4 h erfolgt. Gasförmige Spaltprodukte werden auf etwa 30°C abgekühlt und zur Abtrennung von Chlorwasserstoff einer entsprechenden Absorptionanlage zugeführt. Das flüssige Depolymerisat hat folgende Zusammensetzung.

15

20

C	= 84,3 Gew.-%
H	= 12,0 Gew.-%
N	= 0,4 Gew.-%
S	= 1,3 Gew.-%
Asche	= 2,0 Gew.-%

Es enthält 300 mg Cl/l, hat eine Dichte von 920 kg/m^3 und eine Viskosität von $404\text{ mPa} \cdot \text{s}$ (bei 90°C).

Ein Teil des flüssigen Spaltproduktes wird als Hilfsphase (Suspensionsmittel) für die thermische Spaltung weiterer Kunststoffabfälle verwendet, der Rest partiell zu Wassergas oxidiert. Hierzu setzt man das Depolymerisat bei etwa 1400°C und einem Druck von 4 MPa in bekannter Weise mit Sauerstoff und Wasserdampf um. Zur Erzeugung von 1000 Nm^3 CO/H_2 -Gemisch benötigt man 400 kg Depolymerisat, 325 Nm^3 Sauerstoff und 110 kg Dampf. Das Rohgas enthält 43,8 Vol.-% CO , 48,6 Vol.-% H_2 und 6,6 Vol.-% CO_2 ; das CO/H_2 -Verhältnis ist etwa 0,9.

30

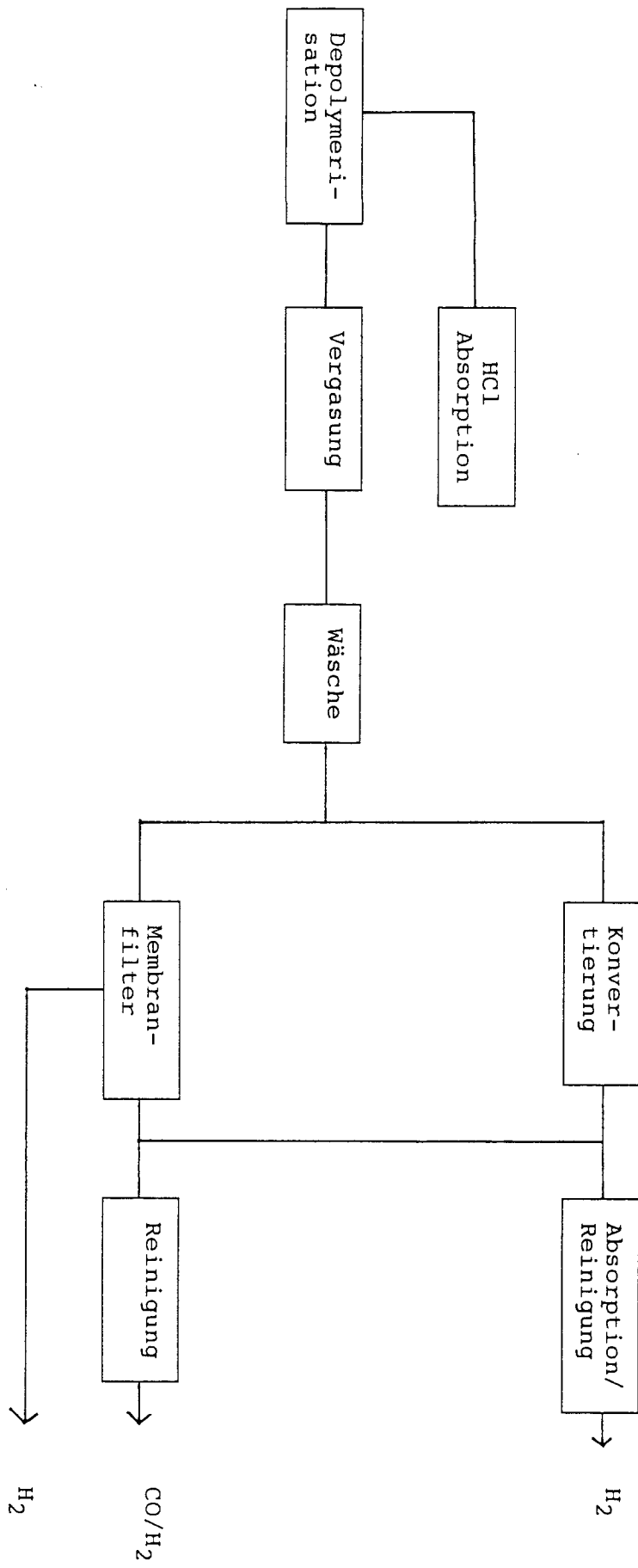
Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Synthesegas aus Kunststoffabfällen, dadurch gekennzeichnet, daß die Abfälle thermisch überwiegend zu flüssigen Produkten gespalten und die flüssigen Spaltprodukte durch partielle Oxidation in Synthesegas überführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die thermische Spaltung bei Temperaturen zwischen 250 und 450°C unter Verwendung einer bei der Reaktionstemperatur flüssigen Hilfsphase erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die flüssige Hilfsphase aus den flüssigen Abbauprodukten der Kunststoffabfälle besteht.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die thermische Spaltung in Gegenwart von Katalysatoren erfolgt.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß insbesondere, wenn chlorhaltige Kunststoffabfälle vorhanden sind, die thermische Spaltung in zwei oder mehr Stufen durchgeführt wird, wobei die Temperatur von Stufe zu Stufe ansteigt und durch Wahl der Temperatur die Hauptmenge des als Spaltprodukt anfallenden Chlorwasserstoffs in der ersten Stufe gebildet wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die partielle Oxidation der flüssigen Spaltprodukte bei Temperaturen zwischen 1100 und 1500°C und einem Druck von 1 bis 10 MPa erfolgt.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die partielle Oxidation über die zugesetzte Sauerstoffmenge so geführt wird, daß etwa 0,1 bis etwa 0,3 Gew.-%

55

Ruß, bezogen auf die flüssigen Spaltprodukte, gebildet werden.

- 5 **8.** Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das den Vergasungsreaktor verlassende Rohgas zunächst in einem Strahlungskühler auf 500 bis 1000 °C und darauf in einem Konvektionskühler auf 150 bis 300 °C gekühlt wird.
- 10 **9.** Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das gekühlte Gas mit Wasser gewaschen und darauf die im Waschwasser suspendierte Asche abgetrennt wird.
- 15 **10.** Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das gereinigte Gas zur Einstellung eines gewünschten CO/H₂-Verhältnisses einer Membranfilteranlage zugeführt wird.
- 20 **11.** Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das gereinigte Gas einer Konvertierungsanlage zugeführt wird.
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 94 11 2796

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A D,A	FR-A-2 169 965 (RUHRCHEMIE) & DE-A-22 05 001 (RUHRCHEMIE) ---		C10G1/10
A	FR-A-2 357 630 (ENTREPRISE DE RECHERCHES ET D'ACTIVITES PETROLIERES.) ---		
A	US-A-4 108 730 (MOBIL) -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			C10G C01B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 8. Dezember 1994	Prüfer DE HERDT, O
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			