



CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Beschreibung

Vorrichtung zur Erzeugung von Synthesegas

- 5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung von Synthesegas, insbesondere von Kohlegas, mit einer Vergasereinrichtung, einem der Vergasereinrichtung nachgeschalteten Quenchkühler und einer Sauerstofferzeugungseinheit, durch die der Vergasereinrichtung Sauerstoff zuführbar ist.
- 10 Als Synthesegase werden wasserstoffhaltige Gasgemische bezeichnet, die in einer Synthesereaktion zum Einsatz kommen sollen. Die Herstellung von Synthesegas kann prinzipiell aus festen, flüssigen und gasförmigen Ausgangsstoffen erfolgen.
- 15 Ein bekanntes Synthesegas stellt Kohlegas dar. Bei der Kohlevergasung wird Kohlestaub mit reinem Sauerstoff partiell oxidiert. Der benötigte Sauerstoff stammt aus einer Sauerstofferzeugungseinheit, welche üblicherweise nach dem bekannten Linde-Verfahren arbeitet. Die Sauerstofferzeugungseinheit
- 20 oder -anlage kann dabei in unmittelbarer räumlicher Nähe zu einer Kohlevergasungseinrichtung oder entfernt davon angeordnet sein, wobei der Sauerstoff für die Kohlevergasung dann angeliefert wird.
- 25 Die Sauerstofferzeugung nach dem Linde-Verfahren benötigt in der bei der Kohlevergasung benötigten Menge sehr viel Energie. Diese wird in Form mechanischer Leistung benötigt, um durch Kompression und Entspannung Luft abzukühlen, um den hierdurch früher flüssig werdenden Stickstoff vom Sauerstoff
- 30 zu trennen. Gleichzeitig wird bei der Vergasung von Kohle eine sehr große Menge an Wärme frei. Diese wird in einem sog. Quenchschriff durch Wassereindüsung und -verdampfung in einem Quenchkühler vernichtet, wodurch ein großer Exergie-Verlust die Folge ist.
- 35 Insbesondere Kohlegas, aber auch andere Synthesegase, werden in Gas- und Dampf-Turbinen-Kraftwerken (Integrated Gasification Combined Cycle IGCC) verwendet. Bei solchen IGCC-

Kraftwerken wird der Gesamtwirkungsgrad gerade durch den Energieaufwand für die Erzeugung des Sauerstoffs und den Exergie-Verlust im Rahmen des Quenchschrilles stark reduziert. Hierdurch wird das Ziel einer CO₂-freien Stromerzeugung aus Kohle erschwert.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung anzugeben, mit der die Erzeugung von Synthesegas mit geringem Energieaufwand möglich ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung gemäß den Merkmalen des Patenanspruches 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

Die Erfindung schafft eine Vorrichtung zur Erzeugung von Synthesegas mit einer Vergasereinrichtung, einem der Vergasereinrichtung nachgeschalteten Quenchkühler und einer Sauerstofferzeugungseinheit, durch die der Vergasereinrichtung Sauerstoff zuführbar ist. Erfindungsgemäß ist die Sauerstofferzeugungseinheit derart ausgestaltet, dass Sauerstoff unter Verwendung von thermischer Energie erzeugbar ist und die thermische Energie dem Quenchkühler entzogen ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung basiert darauf, einen Teil der bei der Vergasung eines Ausgangsstoffes für die Erzeugung in Synthesegasen erzeugten Wärme zu nutzen, um den für die Vergasung benötigten Sauerstoff zu erzeugen. Die Sauerstofferzeugung ist somit integraler Bestandteil der Vorrichtung zur Erzeugung des Synthesegases, indem die Abwärme des Kohlevergasungsprozesses für die Sauerstofferzeugung verwendet wird. Hieraus ergibt sich ein deutlich effizienterer Prozess zur Herstellung von Synthesegas. Wird das Synthesegas zur Stromerzeugung in einem IGCC-Kraftwerk eingesetzt, so kann ein besserer Wirkungsgrad für das IGCC-Kraftwerk erzielt werden. Hierdurch ergibt sich eine effizientere CO₂-freie Stromerzeugung.

In einer zweckmäßigen Ausgestaltung ist in dem Quenchkühler ein Wärmetauscher angeordnet, welcher einem in den Quenchkühler einströmenden Reaktionsgemisch, das aus einer chemischen Reaktion eines Ausgangsstoffes mit dem Sauerstoff in der Ver-
gasereinrichtung erzeugt ist, zumindest einen Teil seiner
5 Wärme entzieht, die der Sauerstofferzeugungseinheit im Betrieb der Vorrichtung für die Erzeugung des Sauerstoffs zugeführt wird. Über den in dem Quenchkühler angeordneten Wärmetauscher wird dem Reaktionsgemisch bzw. Rohgas Energie zur
10 Sauerstofferzeugung entzogen. Infolgedessen ist der Exergie-Verlust für die Abkühlung des Reaktionsgemisches in dem Quenchkühler geringer.

Der Wärmetauscher kann wahlweise vor und/oder nach einer
15 Quenchwassereindüsung zur Abkühlung des Reaktionsgemisches in dem Quenchkühler angeordnet sein. Der Ort des Wärmetauschers in dem Quenchkühler bemisst sich einerseits danach, wie viel thermische Energie für die Sauerstofferzeugung benötigt wird. Andererseits ist zu berücksichtigen, dass das Reaktionsge-
20 misch, das beim Einströmen in den Quenchkühler Temperaturen von bis zu 1.600 °C aufweisen kann, nicht zu einer Zerstörung des Wärmetauschers führt.

So kann es bspw. zweckmäßig sein, den Wärmetauscher nach ei-
25 ner am Eingang des Quenchkühlers angeordneten Quenchwassereindüsung vorzusehen, so dass das Reaktionsgemisch bereits abgekühlt ist. Reicht die durch den Wärmetauscher dem Reaktionsgemisch entzogene Wärme nicht aus, um das Reaktionsgemisch auf die vorgegebene Temperatur zur Erzeugung des Synthesegas
30 ses abzukühlen, so kann auch dem Wärmetauscher nachgeschaltet eine weitere Quenchwassereindüsung vorgesehen sein.

Ist der Wärmetauscher eingangsseitig des Quenchkühlers angeordnet, so sollte dieser vorzugsweise als Hochtemperatur-
35 Wärmetauscher ausgebildet sein. Hierfür kommen bspw. Strahlungsrekuperatoren in Betracht.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung umfasst die Sauerstofferzeugungseinheit ein Reaktionsmittel, welches bei Erwärmung in einer chemischen Reaktion aus zugeführter Luft den Sauerstoff frei setzt. Insbesondere ist die Sauerstofferzeugungseinheit dazu ausgebildet, Sauerstoff mittels des bekannten Brinschen Verfahrens zu erzeugen. Zur chemischen Zerlegung von Luft mittels des Brinschen Verfahrens erhitzt man diese z.B. mit Bariumoxid (BaO) auf etwa $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hierbei nimmt das Bariumoxid Sauerstoff unter Bildung von Bariumperoxid (BaO_2) auf. Bei einer Temperaturerhöhung auf $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ (oder bei einer Druckverminderung) gibt das so gebildete Bariumperoxid in Umkehrung der Reaktion unter Rückbildung von Bariumoxid den gebundenen Sauerstoff wieder ab. Das Brinsche Verfahren ist bspw. in [1] beschrieben.

Zweckmäßigerweise umfasst die Sauerstofferzeugungseinheit als Reaktionsmittel Bariumoxid, welches, durch die thermische Energie aus dem Quenchkühler erhitzt, unter Luftzufuhr Bariumperoxid bildet, aus dem der Sauerstoff bei weiterer Erhöhung der Temperatur des Bariumperoxids desorbierbar ist. Prinzipiell kommen als Reaktionsmittel neben Bariumoxid auch andere Materialien in Betracht, z.B. Mischungen von BaO mit anderen Oxiden wie z.B. MgO .

In einer weiteren zweckmäßigen Ausgestaltung strömt die der Sauerstofferzeugungseinheit zuzuführende Luft durch den Wärmetauscher und sorgt für eine direkte Erwärmung des Reaktionsmittels. Ein Vorteil dieser Ausführungsvariante besteht darin, dass lediglich der innerhalb der Sauerstofferzeugungseinheit angeordnete Wärmetauscher erforderlich ist, um die chemische Reaktion des Reaktionsmittels in der Sauerstofferzeugungseinheit auszulösen.

Alternativ oder zusätzlich ist ein weiterer Wärmetauscher in der Sauerstofferzeugungseinheit angeordnet zur Abgabe von Wärme an das Reaktionsmittel und zur Aktivierung einer chemischen Reaktion des erwärmten Reaktionsmittels. Hierdurch kann die Erwärmung des Reaktionsmittels durch den weiteren Wärme-

tauscher unterstützt werden. Insbesondere ist es in diesem Zusammenhang zweckmäßig, wenn die der Sauerstofferzeugungseinheit zuzuführende Luft direkt in die Sauerstofferzeugungseinheit mit dem durch den weiteren Wärmetauscher erwärmten Reaktionsmittel eingebracht wird. Die Erwärmung des Reaktionsmittels kann bei dieser Ausgestaltungsvariante indirekt unter Nutzung des weiteren Wärmetauschers erfolgen. Eine Erwärmung der der Sauerstofferzeugungseinheit zugeführten Luft ist prinzipiell möglich, jedoch nicht zwingend notwendig.

Es ist weiterhin zweckmäßig, wenn die Sauerstofferzeugungseinheit eine Mehrzahl an parallel verschalteten Sauerstofferzeugern umfasst, welche im sog. Temperature-Swing-Adsorption (TSA)-Verfahren betrieben werden. Hierdurch kann eine kontinuierliche Sauerstofferzeugung sichergestellt werden, indem in einem ersten Sauerstofferzeuger Luft mit dem Reaktionsmittel auf einen unteren Temperaturwert erhöht wird, wobei das Reaktionsmittel Sauerstoff aufnimmt. Währenddessen kann in einem zweiten Sauerstofferzeuger eine Temperaturerhöhung auf einen höheren Temperaturwert erfolgen, so dass der an dem Reaktionsmittel gebundene Sauerstoff wieder abgegeben wird. Werden die beiden Sauerstofferzeuger abwechselnd in der beschriebenen Weise betrieben, so lässt sich der erwähnte kontinuierliche Sauerstoffstrom für die Erzeugung des Synthesegases bereit stellen.

Es ist weiterhin zweckmäßig, wenn die der Sauerstofferzeugungseinheit zuzuführende Luft durch einen Kompressor komprimiert ist.

Vorzugsweise ist der Ausgangsstoff Kohlestaub und das Synthesegas Kohlegas. Prinzipiell könnten auch andere Ausgangsstoffe zur Erzeugung des Synthesegases verwendet werden.

Die Erfindung wird nachfolgend näher anhand von Ausführungsbeispielen in der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer bekannten Vorrichtung zur Erzeugung von Synthesegas,

Fig. 2 eine erste Ausgestaltungsvariante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung von Synthesegas,

Fig. 3 eine zweite Ausgestaltungsvariante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung von Synthesegas, und

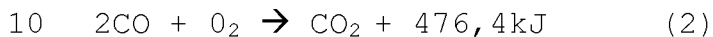
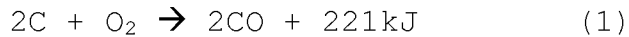
Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Sauerstofferzeugungseinheit zur Verwendung in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß den Fig. 2 oder 3.

In den nachfolgend beschriebenen Vorrichtungen wird die Erzeugung von Kohlegas beschrieben. Die Erzeugung von Kohlegas steht dabei stellvertretend für die Erzeugung eines Synthesegases. Mit den erfindungsgemäßen Vorrichtungen könnten auch andere Synthesegase erzeugt werden.

In den Figuren sind gleiche Merkmale mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt eine bekannte Vorrichtung 1 zur Erzeugung von Kohlegas 50. Die Vorrichtung 1 umfasst eine Vergasereinrichtung 2, einen der Vergasereinrichtung 2 nachgeschalteten Quenchkühler 3 sowie eine lediglich beispielhaft räumlich benachbarte Sauerstofferzeugungseinheit 6. Die Sauerstofferzeugungseinheit 6 basiert bei der herkömmlichen Vorrichtung zur Erzeugung von Kohlegas auf dem Linde-Verfahren. Dabei wird der Sauerstofferzeugungseinheit 6 Luft 20 zugeführt. Unter Aufwendung mechanischer Leistung erfolgt eine Komprimierung und Entspannung der Luft. Hierdurch wird Stickstoff flüssig und kann von dem Sauerstoff getrennt werden. Die Stickstoffabfuhr ist mit dem Bezugszeichen 30 gekennzeichnet. Der Sauerstoff 80 wird über einen Kompressor 7 der Vergasereinrichtung 2 zugeführt.

Der Vergasereinrichtung 2 wird als Ausgangsstoff ferner Kohlestaub 10 zugeführt. In dem Kohlevergaser 2 erfolgt eine partielle Oxidierung des Kohlestaubs mit dem reinen Sauerstoff. Hierbei ergeben sich folgende, vereinfachte Stoffumsetzungsgleichungen:



Aus diesen Gleichungen lassen sich die Massenströme und Leistungen eines beispielhaften 500 MW Reaktors eines Gas- und Dampf-Turbinen-Kraftwerks (IGCC-Kraftwerks) abschätzen. Ein trockener Kohlemassenstrom von 25,2 kg/s entspricht bei vollständiger Verbrennung der Kohle einer Leistung von 732,3 MW. Unter Berücksichtigung der Verluste für die Sauerstofferzeugung und den Quenchschnitt ergibt sich eine Leistung von 500 MW des beispielhaften Reaktors. Für die Vergasung des oben genannten Kohlemassenstroms wird ein Sauerstoff-Massenstrom von 33,6 kg/s benötigt. Die Leistung für Sauerstofferzeugung beträgt 109,4 MW, wobei diese Leistung ein Erfahrungswert ist. Bei der Vergasung ergibt sich ein Exergie-Verlust durch thermische Freisetzung von 232 MW. Damit entfallen 15 % der Enthalpie der Kohle auf die Sauerstofferzeugung und 32 % der Enthalpie der Kohle auf die Wärmefreisetzung, die während des Quenchvorganges unbrauchbar gemacht wird.

Ein durch die partielle Oxidation des Kohlestaubs entstehendes Reaktionsgemisch bzw. Rohgas in Form von Kohlenmonoxid strömt bei einem Druck von etwa 40 bar und einer Temperatur von 1.600 °C in den Quenchkühler 3 an. Eingangsseitig sind in dem Quenchkühler 3 Quenchwasserdüsen 4 vorgesehen, um das Reaktionsgemisch abzukühlen. Hierdurch wird das Kohlenmonoxid in Wasserstoff umgewandelt, wobei durch die starke Abkühlung eine Reaktion zu CO₂ verhindert wird. Allerdings geht dies mit der Vernichtung großer thermischer Energie (Exergie-Verlust) einher. Das Kohlegas 50 wird bei einer Temperatur

von etwa 200 °C aus dem Quenchkühler 3 ausgeleitet und kann anschließend in dem IGCC-Kraftwerk als Brennstoff eingesetzt werden. Am Boden des Quenchkühlers 3 sammelt sich das durch die Quenchwassereindüsung 4 entstehende Überschusswasser 60 sowie ein Schlackegranulat 70, welche aus dem Quenchkühler 3 ausgeleitet werden.

Die für die Sauerstofferzeugung nach dem Linde-Verfahren notwendige Energie muss von einer externen Energiequelle bereitgestellt werden. Hierdurch ergibt sich, wie oben gezeigt, ein geringer Wirkungsgrad der Vorrichtung. Entgegen der zeichnerischen Darstellung der Fig. 1 könnte der Sauerstofferzeuger 6 auch räumlich entfernt von der Vorrichtung zur Erzeugung von Kohlegas 2 angeordnet sein, wobei der Sauerstoff dann angeliefert werden müsste.

Die nachfolgend näher beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtungen zur Erzeugung von Kohlegas nutzen einen Teil der bei der Vergasung des Kohlestaubs erzeugten Wärme, um den für die Vergasung notwendigen Sauerstoff zu erzeugen. Bei den erfindungsgemäßen Vorrichtungen erfolgt die Sauerstofferzeugung somit integriert in der Vorrichtung zur Erzeugung des Kohlegases. Die Sauerstofferzeugung basiert dabei im Gegensatz zu dem üblicherweise verwendeten Linde-Verfahren nicht auf einer physikalischen, sondern auf einer chemischen Reaktion.

In der in den Fig. 2 bis 4 dargestellten Sauerstofferzeugungseinheit 6 ist als Reaktionsmittel beispielhaft Bariumoxid enthalten. Durch thermische Energie aus dem Quenchkühler wird das Bariumoxid auf ca. 500 °C erhitzt, wobei dieses unter Luftzufuhr Bariumperoxid (BaO_2) bildet. Aus dem Bariumperoxid ist der Sauerstoff bei weiterer Erhöhung der Temperatur auf etwa 700 °C desorbierbar. Die Erhöhung der Temperatur von etwa 500 °C auf 700 °C kann ebenfalls unter Entnahme thermischer Energie aus dem Quenchkühler 3 erfolgen. Diese Art der Sauerstofferzeugung wird als Brinsches Verfahren bezeichnet und ist bspw. in [1] beschrieben.

Um den Sauerstoff aus dem Bariumperoxid in der Sauerstofferzeugungseinheit 6 zu desorbieren, kann anstelle der Variation der Temperatur zwischen 500 und 700 °C auch der Druck in der Sauerstofferzeugungseinheit 6 zeitweise abgesenkt werden, um
5 den Sauerstoff freizugeben.

Fig. 2 zeigt eine erste mögliche Ausführungsform der Erfindung. Die Vergasereinheit 2 weist dabei gegenüber der aus dem Stand der Technik bekannten Vergasereinheit 2 in Fig. 1 keinen Unterschied auf. Der Vergasereinheit 2 wird Kohlestaub
10 zusammen mit reinem Sauerstoff 80 zugeführt, so dass die bereits beschriebene partielle Oxidation des Kohlestaubes erfolgt. Das Reaktionsgemisch wird unter einem Druck von ca. 40 bar und einer Temperatur von 1.600 °C in den Quenchkühler 3
15 geleitet. Am Eingang des Quenchkühlers 3 sind die bereits beschriebenen Quenchwasserdüsen 4 zur Abkühlung des Reaktionsgemisches bzw. Rohgases angeordnet. In dieser Ausgestaltungsvariante erfolgt dabei beispielhaft eine Abkühlung auf etwa 900 °C.

20 In einem seitlichen Abschnitt des Quenchkühlers 3 ist erfindungsgemäß ein Wärmetauscher 5 angeordnet. Durch diesen wird über einen Kompressor 7 komprimierte Luft 20 geleitet und der Sauerstofferzeugungseinheit 6 zugeführt, so dass in der Sauerstofferzeugungseinheit die oben beschriebenen Temperaturen
25 von 500 bis 700 °C zur Bildung von Bariumperoxid sowie zur Desorbierung des Sauerstoffs aus dem Bariumperoxid erreicht werden. Nach einem Ausleiten von Stickstoff 30 wird der reine Sauerstoff 80 der Vergasereinrichtung 2 zugeführt. Überschusswasser 60 wird sowohl am Boden des Hauptbereichs des
30 Quenchkühlers 3 als auch am Boden des Seitenabzweigs, in dem der Wärmetauscher 5 angeordnet ist, ausgeleitet. Ebenso findet die bereits beschriebene Ausleitung des Schlackegranulats 70 am Boden des Quenchkühlers 3 statt.

35 Da die durch den Wärmetauscher 5 dem Reaktionsgemisch entzogene Energie nicht ausreichend ist, um dieses auf die erforderliche Temperatur von 200 °C abzukühlen, sind dem Wärmetau-

scher 5 weitere Quenchwasserdüsen 4 in dem seitlichen Abschnitt des Quenchkühlers 3 nachgeschaltet.

Verglichen mit einer herkömmlichen Vorrichtung zur Kohlegaserzeugung wird bei der in Fig. 2 beschriebenen Vorrichtung
5 erheblich weniger Quenchwasser in dem Quenchkühler 3 zugegeben. Das Reaktionsgemisch bzw. Rohgas wird durch die eingangsseitig angeordneten Quenchwasserdüsen lediglich so weit abgekühlt, wie dies für den Wärmetauscher aus herkömmlichen
10 Materialien verträglich ist.

In dem in Fig. 3 gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel ist der Wärmetauscher 5 exemplarisch nahe dem Eingang des Quenchkühlers 3 angeordnet. Da der Wärmetauscher 5 in dieser Konfiguration
15 erheblich höheren Temperaturen als im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 ausgesetzt ist, wird hier vorzugsweise ein sog. Hochtemperatur-Wärmetauscher eingesetzt. Dieser kann bspw. als Strahlungsrekuperator ausgebildet sein. Wie im vorangegangenen Ausführungsbeispiel wird durch den Wärmetau-
20 scher 5 durch den Kompressor 7 komprimierte Luft 20 durchgeführt, so dass die Sauerstofferzeugungseinheit 6 mit Temperaturen zwischen 500 und 700 °C betrieben werden kann. Um eine Abkühlung des Reaktionsgemisches bzw. Rohgases am Ausgang des Quenchkühlers 3 auf die erforderlichen 200 °C sicherstellen
25 zu können, ist dem Wärmetauscher 5 zumindest eine Quenchwassereindüsung 4 nachgeschaltet. Diese sorgt für die erforderliche Abkühlung des Reaktionsgemisches bzw. Rohgases. Die übrigen Komponenten des zweiten Ausführungsbeispiels entsprechen denen des in Fig. 2 gezeigten ersten Ausführungsbei-
30 spiels.

Die Wärmeübertragung an das in der Sauerstofferzeugungseinheit 6 befindliche Bariumoxid kann auch auf indirekte Weise erfolgen. Dies wird anhand der schematischen Darstellung einer Sauerstofferzeugungseinheit 6 in Fig. 4 näher erläutert.
35 Die in Fig. 4 dargestellte Sauerstofferzeugungseinheit 6 weist exemplarisch zwei parallel geschaltete Sauerstofferzeuger 6' auf. Diese sind identisch aufgebaut. Ein Abwärmestrom

40, der aus dem in dem Quenchkühler angeordneten Wärmetauscher gespeist wird, wird über steuerbare Ventile 8' einem jeweiligen weiteren Wärmetauscher 8 im Inneren der Sauerstofferzeuger 6' zugeführt. Der Abwärmestrom kann in einem geschlossenen Kreislauf geführt sein. Über den weiteren Wärmetauscher 8 erfolgt eine Erwärmung des im Inneren der Sauerstofferzeuger 6' angeordneten Bariumoxid (BaO). Über die eingangsseitig angeordneten Ventile 8' kann der Abwärmestrom 40 zu den Sauerstofferzeugern 6' gesteuert werden.

Luft 20 wird über einen optionalen externen Wärmetauscher 9 einem jeweiligen Sauerstofferzeuger 6' zugeführt, wobei sich aufgrund des erhitzten Bariumoxids im Inneren der Sauerstofferzeuger 6' Bariumperoxid bildet. Über den aus den Sauerstofferzeugern 6' ausgeleiteten Stickstoff 30 wird der externe Wärmetauscher 9 gespeist. Die Sauerstoffabfuhr ist wie in den vorangegangenen Figuren mit dem Bezugszeichen 80 gekennzeichnet.

Die Sauerstoffzufuhr erfolgt über den externen Wärmetauscher 9 vorgeschaltete Ventile 9'. Durch eine Synchronisierung der Ventile 8' der Sauerstofferzeuger 6' können die parallel verschalteten Sauerstofferzeuger 6' in dem sog. Temperature-Swing-Adsorptions-Verfahren (TSA-Verfahren) betrieben werden. Hierdurch kann bspw. das Bariumoxid in dem linken Sauerstofferzeuger 6' auf 500 °C erhitzt sein, so dass sich unter Luftzufuhr Bariumperoxid bildet. Währenddessen wird das Bariumperoxid in dem rechten Sauerstofferzeuger 6' auf 700 °C erwärmt, so dass Sauerstoff aus dem Bariumperoxid desorbierbar wird und an die Vergasereinrichtung 2 geleitet werden kann. Anschließend wird Sauerstoff aus dem Bariumperoxid des linken Sauerstofferzeugers 6' desorbiert, während in dem rechten Sauerstofferzeuger Bariumoxid unter Luftzufuhr in Bariumperoxid gewandelt wird.

Die Vorwärmung der Zuluft könnte anstelle der in Fig. 4 dargestellten externen Wärmetauscher 9 auch durch einen weiteren Wärmetauscher im Inneren des Quenchkühlers 3 realisiert sein.

Ebenso könnte auf eine Vorwärmung der Zuluft verzichtet werden.

Bei den erfindungsgemäßen Vorrichtungen erfolgt die Sauer-
5 stoffherzeugung unter Verwendung der Abwärme des Kohlevergasungsprozesses in einer integrierten Form. Hierdurch ist ein deutlich effizienterer Prozess zur Herstellung von Kohlegas möglich. Wird der Kohlevergaser in einem IGCC-Kraftwerk eingesetzt, ergibt sich eine im Vergleich zu herkömmlichen Anlagen
10 effizientere Stromerzeugung.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung könnte auch zur Erzeugung anderer Synthesegase verwendet werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von Synthesegas (50) mit einer Vergasereinrichtung (2), einem der Vergasereinrichtung (2) nachgeschalteten Quenchkühler (3) und einer Sauerstofferzeugungseinheit (6), durch die der Vergasereinrichtung (2) Sauerstoff zuführbar ist, wobei die Sauerstofferzeugungseinheit (6) derart ausgestaltet ist, dass Sauerstoff unter Verwendung von thermischer Energie erzeugbar ist und die thermische Energie dem Quenchkühler (3) entzogen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der in dem Quenchkühler (3) ein Wärmetauscher (5) angeordnet ist, welcher einem in den Quenchkühler (3) einströmenden Reaktionsgemisch, das aus einer chemischen Reaktion eines Ausgangsstoffes mit dem Sauerstoff in der Vergasereinrichtung (2) erzeugt ist, zumindest einen Teil seiner Wärme entzieht, die der Sauerstofferzeugungseinheit (6) im Betrieb der Vorrichtung (1) für die Erzeugung des Sauerstoffs zugeführt wird.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der der Wärmetauscher (5) vor und/oder nach einer Quenchwassereindüsung (40) in dem Quenchkühler (3) angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Sauerstofferzeugungseinheit (6) ein Reaktionsmittel umfasst, welches bei Erwärmung in einer chemischen Reaktion aus zugeführter Luft den Sauerstoff freisetzt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Sauerstofferzeugungseinheit (6) dazu ausgebildet ist, Sauerstoff mittels des Brinschen Verfahrens zu erzeugen.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, bei der die Sauerstofferzeugungseinheit (6) als Reaktionsmittel Bariumoxid umfasst, welches, durch die thermische Energie aus dem Quenchkühler (3) erhitzt, unter Luftzufuhr Bariumperoxid bildet,

aus dem der Sauerstoff bei weiterer Erhöhung der Temperatur des Bariumperoxids desorbierbar ist.

- 5 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei der die der Sauerstofferzeugungseinheit (6) zuzuführende Luft durch den Wärmetauscher (5) strömt und für eine direkte Erwärmung des Reaktionsmittels sorgt.
- 10 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, bei der ein weiterer Wärmetauscher (8) in der Sauerstofferzeugungseinheit (6) angeordnet ist zur Abgabe von Wärme an das Reaktionsmittel und zur Aktivierung einer chemischen Reaktion des erwärmten Reaktionsmittels.
- 15 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, bei der die der Sauerstofferzeugungseinheit (6) zuzuführende Luft direkt in die Sauerstofferzeugungseinheit (6) mit dem durch den weiteren Wärmetauscher (8) erwärmten Reaktionsmittel eingebracht wird.
- 20 10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Sauerstofferzeugungseinheit (6) eine Mehrzahl an parallel verschalteten Sauerstofferzeugern (6') umfasst, welche im Temperature-Swing-Adsorption (TSA)-Verfahren betrieben werden.
- 25 11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die der Sauerstofferzeugungseinheit (6) zuzuführende Luft durch einen Kompressor (7) komprimiert ist.
- 30 12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Ausgangsstoff Kohlestaub und das Synthesegas Kohlegas ist.

FIG 1

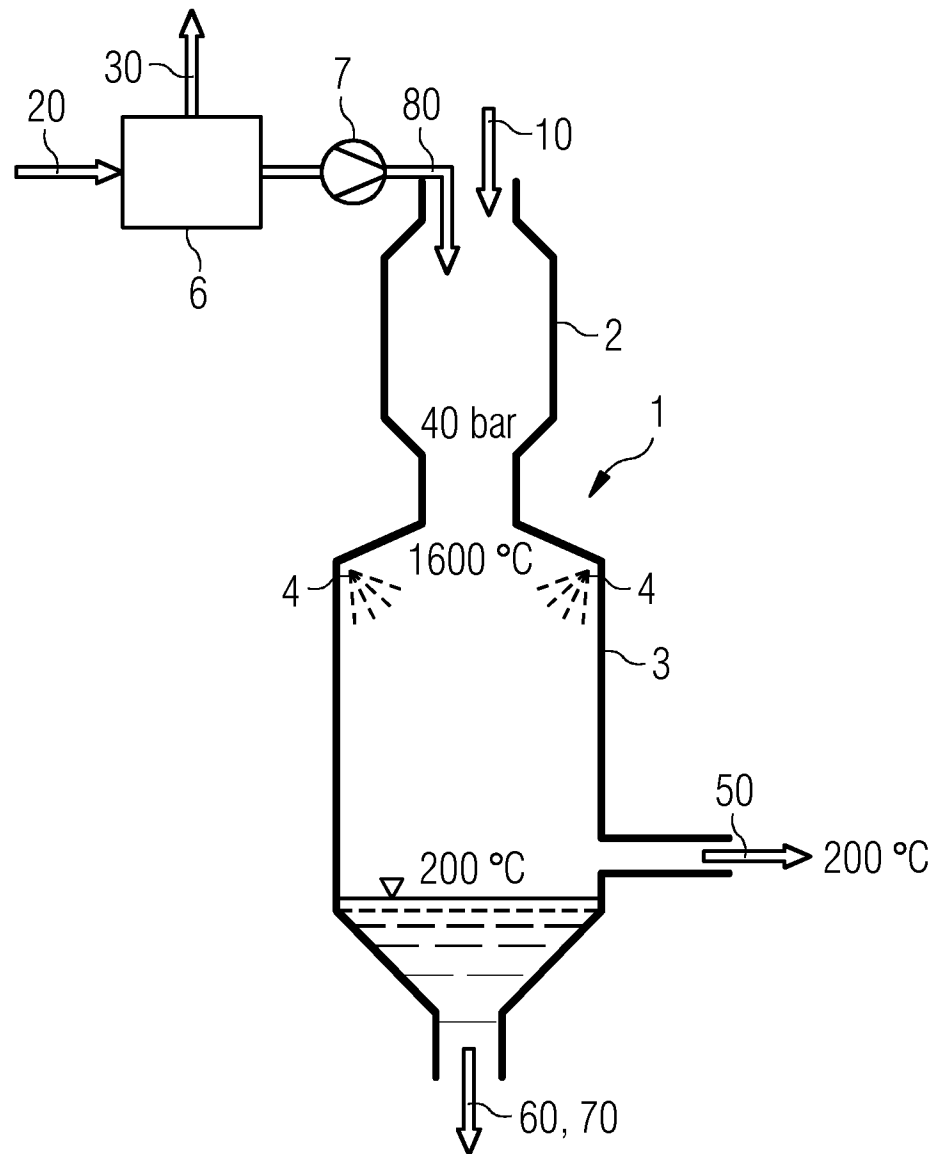


FIG 2

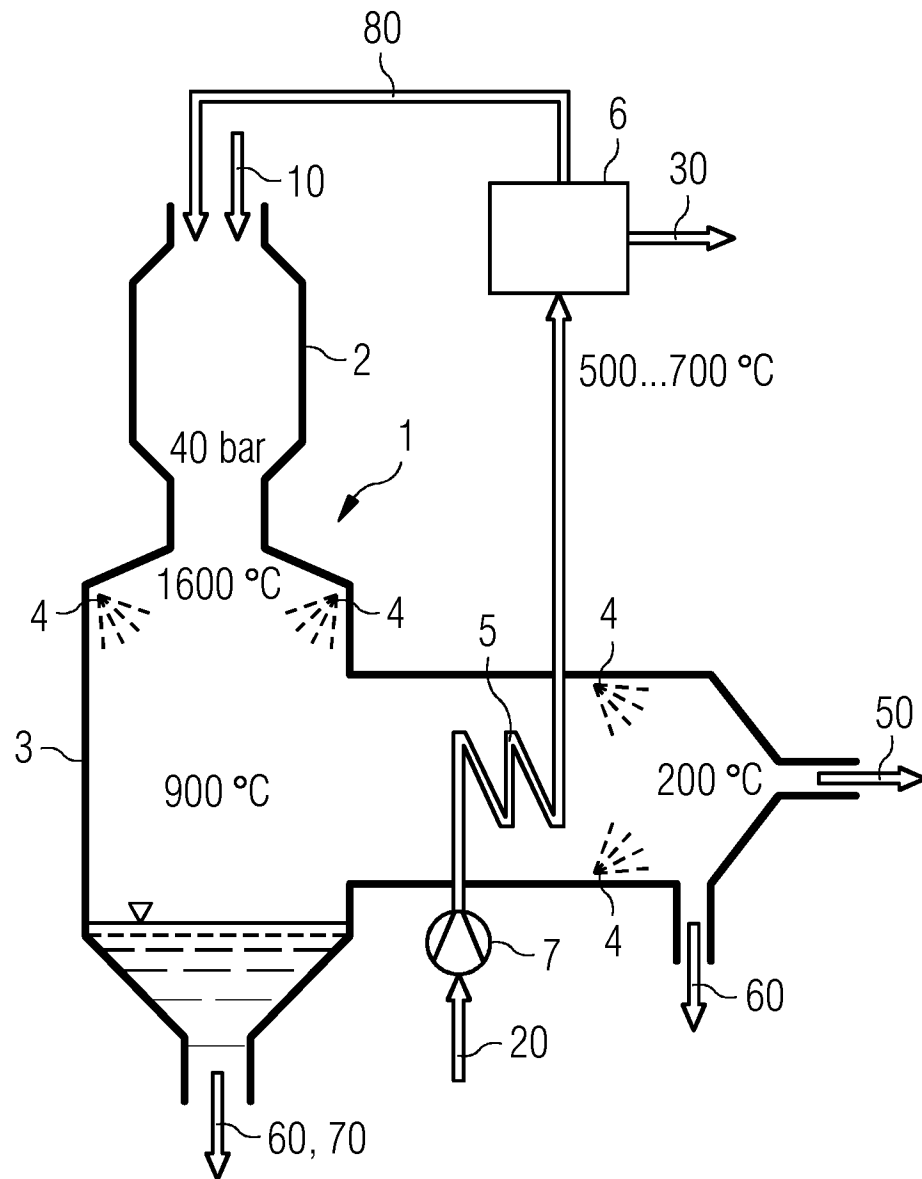


FIG 3

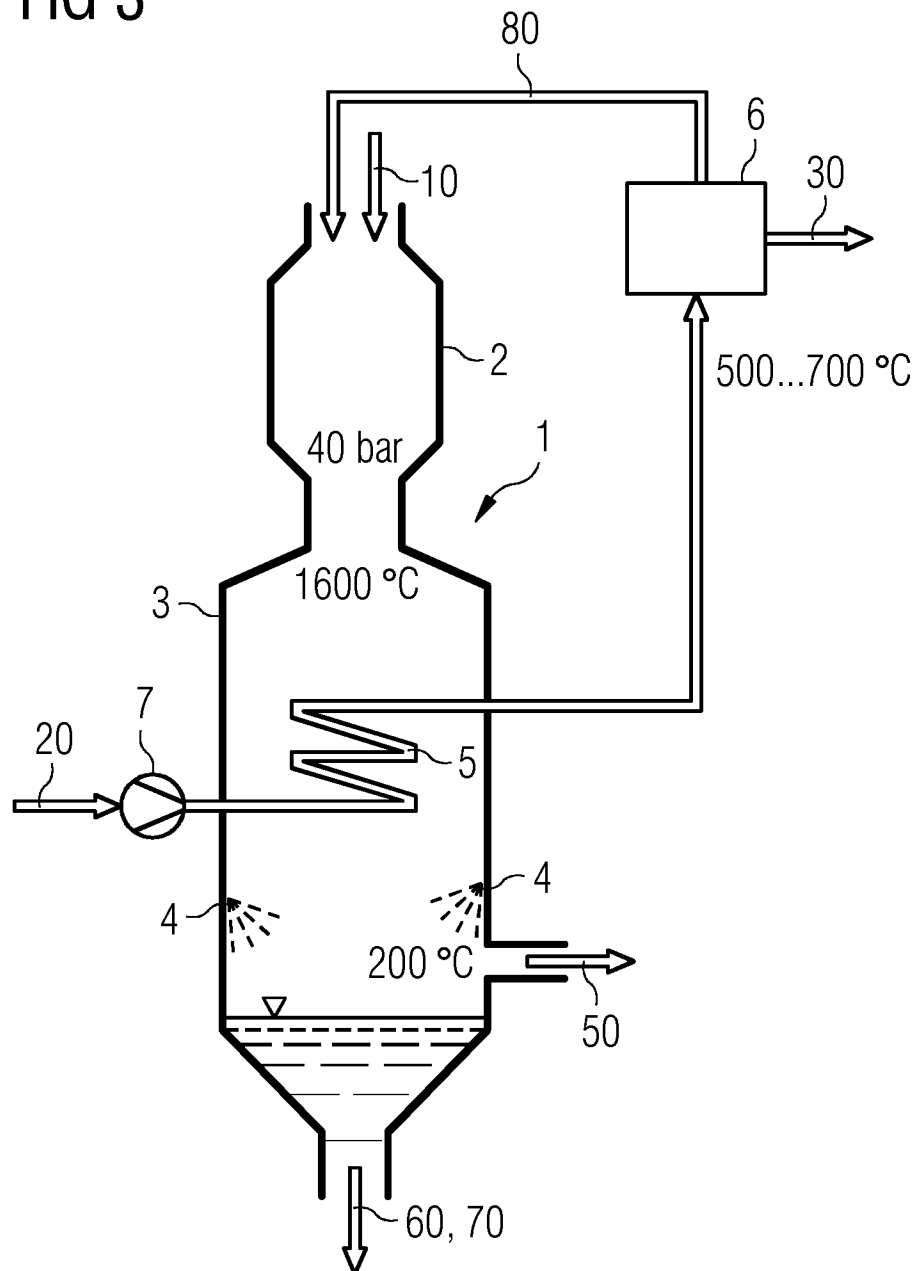
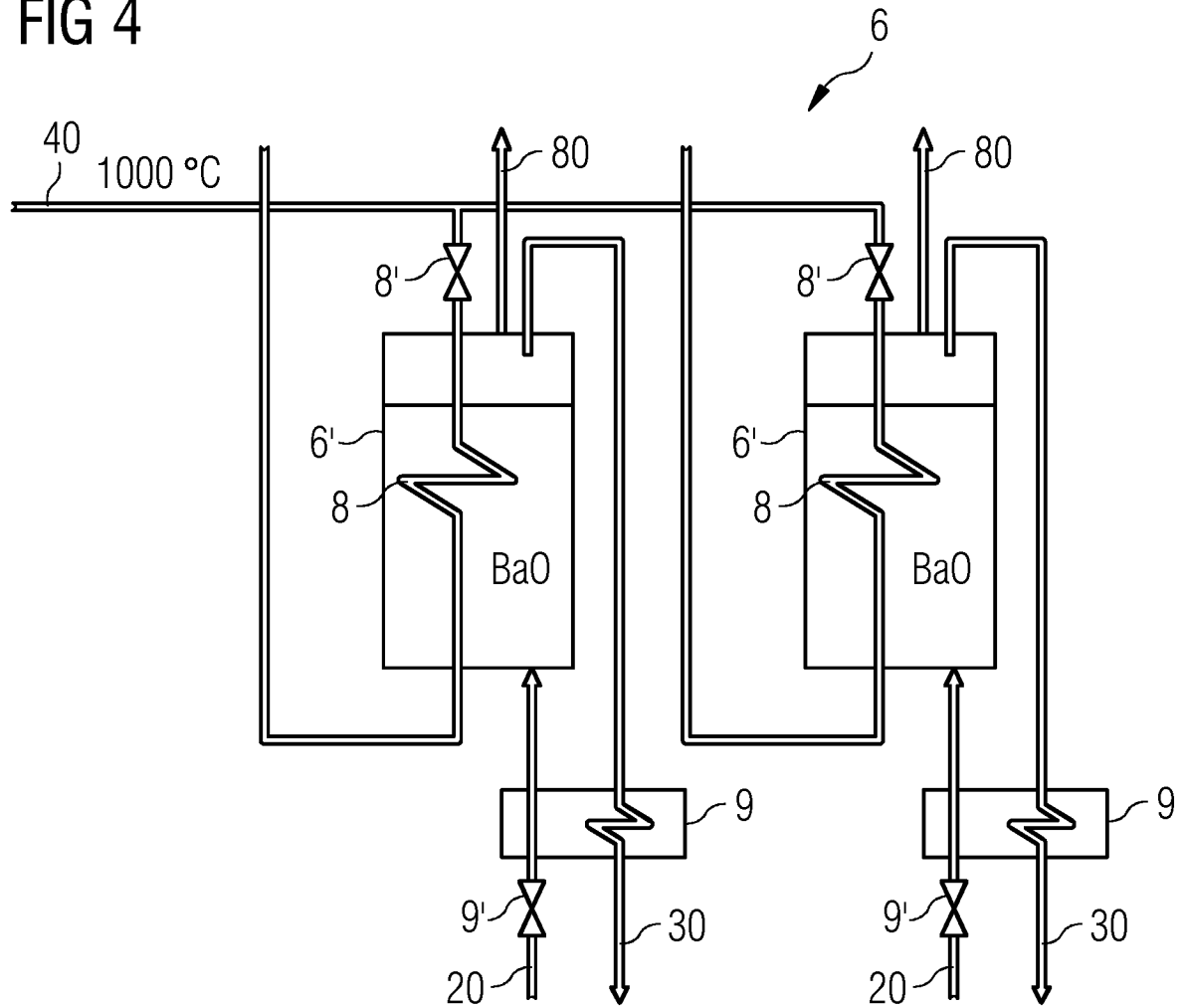


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/054384

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. C10K1/08 C10J3/48 C10J3/84 C01B13/08 C10K1/10 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C10K C10J C01B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 617 182 A (BROWN WILLIAM R [US] ET AL) 14 October 1986 (1986-10-14) figure 3 column 4, lines 31-44 column 9, line 65 - column 10, line 59 -----	1-12
A	DE 10 2009 039749 A1 (UHDE GMBH [DE]) 10 March 2011 (2011-03-10) figures 1,2 -----	1-12
A	US 2011/072720 A1 (ABBASI YASIR HAFEEZ [US] ET AL) 31 March 2011 (2011-03-31) figures 1,2 -----	1-12
A	US 2008/041572 A1 (WESSEL RICHARD A [US] ET AL) 21 February 2008 (2008-02-21) figures 6,10 ----- -/-	1-12
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 3 July 2012		Date of mailing of the international search report 12/07/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Lachmann, Richard

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/054384

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2 115 129 A (SHELL INT RESEARCH) 1 September 1983 (1983-09-01) figure 1 example 1 -----	1-12
A	US 3 310 381 A (GUERRIERI SALVATORE A) 21 March 1967 (1967-03-21) figure 1 column 2, lines 1-14 -----	1-12
A	US 4 032 305 A (SQUIRES ARTHUR M) 28 June 1977 (1977-06-28) column 36 -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/054384

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4617182	A	14-10-1986	AT 84497 T 15-01-1993
		AU 569196 B2	21-01-1988
		AU 6160186 A	16-04-1987
		CA 1257460 A1	18-07-1989
		CN 86105412 A	13-05-1987
		DE 3687493 D1	25-02-1993
		DE 3687493 T2	29-07-1993
		EP 0213548 A2	11-03-1987
		JP 62049926 A	04-03-1987
		US 4617182 A	14-10-1986
		ZA 8606425 A	27-04-1988
DE 102009039749 A1	10-03-2011	DE 102009039749 A1	10-03-2011
		WO 2011026589 A2	10-03-2011
US 2011072720 A1	31-03-2011	CA 2775058 A1	31-03-2011
		US 2011072720 A1	31-03-2011
		WO 2011037697 A2	31-03-2011
US 2008041572 A1	21-02-2008	NONE	
GB 2115129 A	01-09-1983	AU 550082 B2	27-02-1986
		AU 1138483 A	25-08-1983
		CA 1202958 A1	08-04-1986
		DE 3305032 A1	25-08-1983
		GB 2115129 A	01-09-1983
		JP 58160702 A	24-09-1983
		NL 8300257 A	01-09-1983
		US 4482363 A	13-11-1984
		ZA 8300984 A	26-10-1983
US 3310381 A	21-03-1967	NONE	
US 4032305 A	28-06-1977	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. C10K1/08	C10J3/48	C10J3/84 C01B13/08 C10K1/10
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
C10K C10J C01B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 617 182 A (BROWN WILLIAM R [US] ET AL) 14. Oktober 1986 (1986-10-14) Abbildung 3 Spalte 4, Zeilen 31-44 Spalte 9, Zeile 65 - Spalte 10, Zeile 59 -----	1-12
A	DE 10 2009 039749 A1 (UHDE GMBH [DE]) 10. März 2011 (2011-03-10) Abbildungen 1,2 -----	1-12
A	US 2011/072720 A1 (ABBASI YASIR HAFEEZ [US] ET AL) 31. März 2011 (2011-03-31) Abbildungen 1,2 -----	1-12
A	US 2008/041572 A1 (WESSEL RICHARD A [US] ET AL) 21. Februar 2008 (2008-02-21) Abbildungen 6,10 ----- -/-	1-12
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
3. Juli 2012		12/07/2012
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Lachmann, Richard

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	GB 2 115 129 A (SHELL INT RESEARCH) 1. September 1983 (1983-09-01) Abbildung 1 Beispiel 1 -----	1-12
A	US 3 310 381 A (GUERRIERI SALVATORE A) 21. März 1967 (1967-03-21) Abbildung 1 Spalte 2, Zeilen 1-14 -----	1-12
A	US 4 032 305 A (SQUIRES ARTHUR M) 28. Juni 1977 (1977-06-28) Spalte 36 -----	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/054384

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4617182 A	14-10-1986	AT 84497 T	15-01-1993
		AU 569196 B2	21-01-1988
		AU 6160186 A	16-04-1987
		CA 1257460 A1	18-07-1989
		CN 86105412 A	13-05-1987
		DE 3687493 D1	25-02-1993
		DE 3687493 T2	29-07-1993
		EP 0213548 A2	11-03-1987
		JP 62049926 A	04-03-1987
		US 4617182 A	14-10-1986
		ZA 8606425 A	27-04-1988

DE 102009039749 A1	10-03-2011	DE 102009039749 A1	10-03-2011
		WO 2011026589 A2	10-03-2011

US 2011072720 A1	31-03-2011	CA 2775058 A1	31-03-2011
		US 2011072720 A1	31-03-2011
		WO 2011037697 A2	31-03-2011

US 2008041572 A1	21-02-2008	KEINE	

GB 2115129 A	01-09-1983	AU 550082 B2	27-02-1986
		AU 1138483 A	25-08-1983
		CA 1202958 A1	08-04-1986
		DE 3305032 A1	25-08-1983
		GB 2115129 A	01-09-1983
		JP 58160702 A	24-09-1983
		NL 8300257 A	01-09-1983
		US 4482363 A	13-11-1984
		ZA 8300984 A	26-10-1983

US 3310381 A	21-03-1967	KEINE	

US 4032305 A	28-06-1977	KEINE	
