

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Februar 2010 (11.02.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/015593 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

B63H 19/00 (2006.01) *C10K 1/00* (2006.01)
C10J 3/56 (2006.01) *C07C 41/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/060018

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. August 2009 (03.08.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 036 734.6
7. August 2008 (07.08.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SPOT SPIRIT OF TECHNOLOGY AG** [DE/DE]; Rowentastraße 9, 63071 Offenbach am Main (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **NEUMANN, Oliver** [DE/DE]; Biebernseeweg 22, 63075 Offenbach (DE).
MEHRLING, Peter [DE/DE]; Wilhelm-Leuschner-Str. 54, 64923 Darmstadt (DE).

(74) Anwalt: **2K PATENTANWÄLTE BLASBERG, KEWITZ & REICHEL**; Corneliusstraße 18, 60325 Frankfurt am Main (DE).

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

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING ENERGY, DME (DIMETHYL ETHER) AND BIO-SILICA USING CO<SB>2</SB>-NEUTRAL BIOGENIC REACTIVE AND INERT INGREDIENTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG VON ENERGIE, DME (DIMETHYLETHER) UND BIO-SILICA UNTER EINSATZ VON CO2-NEUTRALEN BIOGENEN REAKTIVEN UND REAKTIONSTRÄGEN EINSATZSTOFFEN

(57) Abstract: Method and devices for producing biosynthesis gases and/or synthetic fuels, in particular DME (dimethyl ether) and/or bio-silica using biogenic ingredients, comprising the steps of: allothermal gasification of the biogenic ingredients by way of pulsed burners for integrated production of process heat in a fluidized bed gasifier; gasification of inert pyrolysis coke from the first gasification step in a second parallel gasification step, which operates according to the principle of an expanded or circulating fluidized bed, using oxygen/steam as the gasification means; combining at least a portion of the gasification product from the two gasifiers for common downstream processing.

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Vorrichtungen zur Herstellung von Biosynthesegasen und/oder synthetischem Treibstoff, insbesondere DME (Dimethylether) und/oder Bio-Silica, unter Einsatz biogener Einsatzstoffe, umfassend die Schritte: allotherme Vergasung des biogenen Einsatzstoffes mithilfe von Impulsbrennern zur integrierten Erzeugung von Prozesswärme in einem Wirbelschichtvergaser; Vergasung von reaktionstragem Pyrolysekoks aus der ersten Vergasungsstufe in einer zweiten, parallelen Vergasungsstufe, die nach dem Prinzip der expandierten oder zirkulierenden Wirbelschicht arbeitet, mittels Sauerstoff/Dampf als Vergasungsmittel; Zusammenführen zumindest eines Teiles der Vergasungsprodukte aus den beiden Vergasern für die gemeinsame Weiterverarbeitung.



WO 2010/015593 A2

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Energie, DME
(Dimethylether) und Bio-Silica unter Einsatz von CO₂-neutralen
biogenen reaktiven und reaktionsträgen Einsatzstoffen

Gebiet der Erfindung:

Auf der Basis der als Patentanmeldungen 10 2007 004 294.0 / 10 2006 017 355.4 / 10 2006 039 622.7 / 10 2006 019 999.5 / 10 2006 017 353.8 von SPOT veröffentlichten Vergasungsverfahren wird in der folgenden Erfindung der SPOT-Kombi-Vergasungsprozess zur Erweiterung des Spektrums der biogenen Einsatzstoffe auf solche, die aufgrund ihrer natürlichen Konsistenz im ersten, simultan ablaufenden Schritt der Vergasungsreaktion (allotherm oder autotherm) einen reaktionsträgen Pyrolysekoks bilden, beschrieben und die Verarbeitung des im SPOT-Vergasungsverfahren oder im SPOT-Kombi-Vergasungsprozess erzeugten Biosynthesegases zu Dimethylether (DME) unter Benutzung der schon in der Anmeldung beschriebenen modularen Prozessrouten über das isolierte Zwischenprodukt Methanol oder über das intermediär

sich bildend, aber nicht isolierte Zwischenprodukt erzeugt sowie die bevorzugte Verwendung dieses Produktes innerhalb des INCOX100-Prozesses zur hocheffizienten Erzeugung von elektrischer Energie.

Das Vergasungsverfahren integriert die theoretisch und praktisch verfügbaren, relevanten Vergasungsprozesse zu einem neuen Verfahren, das unter Beachtung höchster Ansprüche an die Wirtschaftlichkeit erlaubt, alle denkbaren biogenen Einsatzstoffe mit höchster Effizienz (Masseumsatzgrade deutlich über 90 %) zu vergasen.

Die Entwicklung thermischer Vergasungsverfahren hat im Wesentlichen drei unterschiedliche Vergasertypen hervorgebracht, den Flugstromvergaser, den Festbettvergaser und den Wirbelschichtvergaser. Darüber hinaus werden die Vergasungsprozesse nach der Quelle des für die Vergasungsreaktion benötigten Enthalpiestromes in autotherme Prozesse - hier wird die Reaktionsenthalpie im gleichen Prozess durch Umsetzung der Einsatzstoffe zu CO₂ und H₂O (Verbrennung) erzeugt - oder allotherme Vergasungsprozesse, hier wird der zur Vergasungsreaktion benötigten Enthalpieströme nicht innerhalb des Prozesses erzeugt, sondern räumlich getrennt und durch Konvektion, Wärmeübergang (SPOT-Verfahren) oder Strahlung dem Vergasungsprozess zugeführt.

Literatur für Wirbelschichtvergasung, die Bestandteil dieser Anmeldung ist, kann der folgenden Literatur entnommen werden: „High-Temperature Winkler Gasification of Municipal Solid Waste“; Wolfgang Adlhoch, Rheinbraun AG, Hisaaki Sumitomo Heavy Industries, Ltd.; Joachim Wolff, Karsten Radtke (speaker), Krupp Uhde GmbH; Gasification Technology conference; San Francisco, California, USA; Oktober 8 - 11, 2000; Conference Proceedings.

Literatur für Zirkulierende Wirbelschicht im Verbundsystem, die Bestandteil dieser Anmeldung ist, kann der folgenden Literatur entnommen werden: „Dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung auf Basis Biomasse-Vergasung“, R. Rauch, H. Hofbauer; Vortrag Uni Leipzig 2004.

„Zirkulierende Wirbelschicht, Vergasung mit Luft, Operation Experience with CFB-Technology for Waste Utilisation at a Cement Produktion Plant“, R. Wirthwein, P. Scur, K.-F. Scharf, Rüdersdorfer Zement GmbH; H. Hirschfelder - Lurgi Energie und Entsorgungs GmbH; 7th. International Conference on Circulating Fluidized Bed Technologies; Niagara Falls Mai 2002.

Die SPOT-Entwicklungen beschränken den Reaktionsdruck des Vergasungsprozesses auf den Bereich niedriger Drücke, weil durch die reaktionskinetischen Besonderheiten des Vergasungsprozesses die Raumzeitausbeute der Hauptprozessapparate vom Druck nahezu unabhängig sind, so dass die Anwendung des Druckes nicht die dem technischen Aufwand einer Druckvergasung angemessenen Nutzen erbringt. Die in der Literatur berichteten mehrstufigen Verfahren, bei denen es sich im wesentlichen (Carbo V, Forschungszentrum Karlsruhe) um den aus der Kohlestaub- und Schweröl-Vergasung bekannten Flugstromvergaser mit vorgeschalteter Pyrolysestufe handelt, erscheinen aus technischen und wirtschaftlichen Gründen vollkommen ungeeignet für kommerzielle Prozesse zur Vergasung von biogenen Einsatzstoffen.

Die Wirbelschichtvergaser lassen sich in zwei Verfahren unterteilen: den zirkulierenden und den stationären Wirbelschichtvergaser.

In Güssing (Österreich) wurde Anfang 2002 eine allotherme, zirkulierende Wirbelschicht-Vergasungsanlage in Betrieb genommen. Die Biomasse wird in einer Wirbelschicht mit Dampf als

Oxidationsmittel vergast. Zur Wärmebereitstellung für den Vergasungsprozess wird ein Teil der in der Wirbelschicht entstehenden Holzkohle in einer zweiten Wirbelschicht verbrannt. Durch die Vergasung unter Dampf wird ein Produktgas erzeugt. Nachteilig wirken sich die hohen Anschaffungskosten der Anlagentechnik und ein überhöhter Aufwand für die Prozessregelung aus.

Der Anmelder hat zur Überwindung der Probleme des Standes der Technik bereits einige Anmeldungen auf dem Gebiet hinterlegt, deren Offenbarungsgehalt Bestandteil dieser Anmeldung ist. Bei diesen Anmeldungen handelt es sich um die 10 2006 017 353.8; 10 2006 017 355.4; 10 2006 019 999.5; 10 2006 022 265.2; 10 2006 039 622.7.

Aus diesen Anmeldungen ist bekannt, dass die Biomasse in einer Wirbelschicht mit Dampf als Reaktions- und Fluidisiermedium vergast wird. Allerdings handelt es sich hier um eine stationäre Wirbelschicht mit zwei eigens entwickelten Impulsbrennern, die einen indirekten Wärmeeintrag in das im Reaktor befindliche Wirbelbett ermöglichen. Im Folgenden wird dieses Verfahren als SPOT-Verfahren bezeichnet.

Charakteristisch für die autotherme Vergasung ist das Fehlen ausgeprägter Temperatur- und Reaktionszonen. Die Wirbelschicht besteht aus einem inertem Bettmaterial. Dadurch werden ein gleichzeitiger Ablauf der einzelnen Teilreaktionen und eine homogene Temperatur (ca. 800°C) gewährleistet. Das Verfahren ist technisch umsetzbar, es zeichnet sich durch eine hohe Wirtschaftlichkeit aus. Die Anschaffungskosten liegen unter den vorgenannten Vergasertypen.

Der SPOT-Kombi-Vergasungsprozess

Das Spektrum wurde um biogene Einsatzstoffe erweitert, die zur Bildung eines reaktionsträgen Kokes im Pyrolyseschritt der Vergasung neigen. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass das aus der Wirbelschicht ausgetragene Material, eine Mischung aus Bettmaterial, Asche und Pyrolysekoks, direkt oder nach Siebung und Sichtung zur Abtrennung des Kohlenstoffes und der Feianteile einer zweiten, autotherm betriebenen stationären oder expandierten oder zirkulierenden Wirbelschicht zugeführt wird. Das Produktgas, ein CO-reiches Synthesegas, wird vor der Gaskühlung dem Hauptgasstrom beigemischt, die Grobanteile der Asche in den allothermen Vergaser des SPOT-Vergasungssystems zurückgeführt, der Feinanteil - ein hochwertiger Bio-Silica-Rohstoff - ausgeschleust.

Das vereinigte Produktgas aus allothermer und autothermer Vergasung von Pyrolysekoksanteilen wird wie im Hauptverfahren einer trockenen Entstaubung unterzogen, gekühlt und verdichtet, um als verdichtetes Biosynthesegas den weiteren Prozessen zugeführt zu werden.

Verfahren

Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass über die Prozessrouten SPOT-Vergasung mittels SPOT-Vergasungsverfahren und/oder SPOT-Kombi-Vergasungsprozess ein Synthesegas aus biogenen Einsatzstoffen verfügbar ist, aus dem in selektiver Synthese über verschiedene Prozessstufen in hoher Ausbeute der synthetische Treibstoff DME (Dimethylether) hergestellt wird; so lassen sich aus 100 to Einsatzstoff bis zu 41 to synthetischer Treibstoff (DME) erzeugen.

Das erfindungsgemäße Verfahren basiert auf den eingangs erwähnten Patentanmeldungen, einem allothermen Wirbelschichtvergasungsverfahren mit speziellem Impulsbrenner zur Erzeugung der für die Vergasungsreaktion benötigten Reaktionswärme, vorgesehen zum Einsatz von Eigengas oder sogenannten Off-Gasen aus den Weiterverarbeitungsprozessen des Biosynthesegases zu den Endprodukten.

Dieser Vergaser wird um eine parallel arbeitende Vergasungsstufe erweitert, in der sich während der Vergasungsreaktion bildende Pyrolysekoks zu Synthesegas mittels Dampf und Sauerstoff als Vergasungsmittel umgesetzt wird. Der gesamte Vergasungsprozess ist als SPOT-Kombi-Vergasungsprozess dabei so ausgelegt, dass der Anteil dieser autothermen Vergasungsstufe minimiert wird, was schon die Wirtschaftlichkeit erfordert. Die Einbindung dieses autothermen Teilprozesses erfolgt über den Asche-/Bettmaterialaustrag der allothermen Stufe und die Berücksichtigung des erzeugten Synthesegases für das allotherm erzeugte Synthesegas, so dass die weitere Synthesegas-Aufbereitung (Kühlung etc.) und die Behandlung des Bettmaterials gemeinsam erfolgen. Dieser autotherme Vergaser ist integraler Bestandteil des SPOT-Kombi-Vergasungsprozesses.

Mit dieser Anordnung lassen sich die Umsetzungsgrade von biogenen Einsatzstoffen, die als Vergasungszwischenstufe (intermediär) reaktionsträgen Pyrolysekoks bilden, auf Werte deutlich über 95 % anheben. Die anfallenden Aschen bilden damit wegen ihres Silikatgehaltes einen ausgezeichneten hochwertigen Bio-Silica-Rohstoff.

Dieser Vergasungsprozess umfasst die In-Situ-Entschwefelung (Patentanmeldung 10 2007 004 294.0), die Heißgas-Reinigung (Patentanmeldung 10 2006 017 353.8), die Entfernung von Halogenen durch Adsorption (Patentanmeldung 10 2007 004 294.0),

den Einsatz einer ein- oder mehrstufigen Feinreinigung aus Multizyklon und Sintermetallfilter, der Einsatz einer Quenche, in der mittels einer nicht wässrigen Waschflüssigkeit Spuren von kondensierbaren aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen ausgewaschen werden. Die abgeschiedenen Substanzen werden durch Rückführung im Vergaser zu Synthesegas umgesetzt und es erfolgt eine Gaskühlung für die nachfolgenden Verdichterstufen.

Für den Einsatz biogener Vergasungsstoffe, die zur Bildung eines reaktionsträgen Kokes im Pyrolyseschritt der Vergasung neigen, wird der aus dem Wirbelbett des SPOT allothermen Vergasers zyklisch abgezogene Massestrom - eine Mischung aus Bettmaterial, Asche der Einsatzstoffe und Pyrolysekoks - direkt oder nach Siebung und Sichtung zur Abtrennung des Kohlenstoffes und der in einem zweiten Vergasungsschritt eine nach dem Prinzip der zirkulierenden Wirbelschicht arbeitenden autothermen Vergasers gefördert. Dieser ebenfalls nahe atmosphärisch betriebene Vergaser wird mit Sauerstoff/Dampf als Vergasungsmittel bei Temperaturen bis über 1.000°C betrieben. Hier wird der Pyrolysekoks umgesetzt. Das Produktgas, ein CO-reiches Synthesegas, wird vor der Gaskühlung dem Hauptgasstrom beigemischt, die Grobanteile der Asche werden dem allothermen Vergaser des SPOT-Vergasungssystems zugeführt. Der Feinanteil, ein hochwertiger Bio-Silica-Rohstoff, wird ausgeschleust.

Diese Erfindung integriert die Prozessrouten entsprechend Fig. 1 zur Erzeugung von Chemikalien und synthetischen Treibstoffen, Wasserstoff und der Erzeugung von elektrischer oder mechanischer Energie durch Verbrennung des Synthesegases in Gasturbine, Kessel, Motore oder den Einsatz z. B. des Wasserstoffes in Brennstoffzellen, wie in der Patentanmeldung 10 2007 004 294.0 beschrieben sowie den Einsatz von synthetischem Treibstoff,

insbesondere des DME zur Erzeugung von Strom im INCOX100-Verfahren.

Überblick über die Erfindung:

Die vorliegende Erfindung hat die Erzeugung von dem synthetischen Treibstoff DME und der Erzeugung elektrischer/mechanischer Energie im Rahmen des INCOX100-Prozesses auf Basis biogener Einsatzstoffe und dem im SPOT-Vergasungsverfahren und dem ebenfalls in vorliegender Erfindung beschriebenen SPOT-Kombi-Vergasungsprozess erzeugten Biosynthesegas zum Gegenstand. Die vorliegende Anmeldung legt den Schwerpunkt bei den Treibstoffen auf das DME mit sehr hoher Ausbeute und Wirtschaftlichkeit über die Zwischenstufe Methanol. Eine Ausbeute von 41 to pro 100 to Einsatzmaterial ist darstellbar. Der Vorteil dieser Prozessroute liegt gegenüber konkurrierenden Prozessen in der Einfachheit, dem einheitlichen und mit hoher Ausbeute verfügbaren Produkt. Neben dem Einsatz als Treibstoff ist die Verwendung als Flüssiggas Ersatz und als chemischer Rohstoff möglich.

Das DME eignet sich vorzüglich zum Einsatz für INCOX100 (Internal Combustion Box), das in der Zweitakt-Ausführung derzeit bis zu einer mechanischen Leistung von 100 MW/h zur Verfügung steht. Die Anwendung dieser Technologie im Bereich der Stromerzeugung, aggregierte Leistungen bis 1.000 MW/h sind in einem Kraftwerk ohne Probleme möglich, und für den Einsatz zum Antrieb von Schiffen ist naheliegend. Grundsätzlich geeignet ist das DME auch für Four Stroke Combustion Engines. Der Vollständigkeit halber ist der Einsatz in Gasturbine und Kessel aufgeführt.

Der SPOT-Kombi-Vergasungsprozess erlaubt den Einsatz eines außerordentlich breiten Spektrums biogener Einsatzstoffe und erweitert die Einsetzbarkeit des als Teil der Erfindung zu Grunde liegenden SPOT-Vergasungsverfahrens auf reaktionsträge biogene Einsatzstoffe, die intermediär zur Bildung reaktionsträgen Pyrolysekoks neigen, der sich im allothermen Vergasungsschritt des SPOT-Verfahrens durch die hier begrenzte maximale Vergasungstemperatur nur unzureichend zu Biosynthesegas umsetzen lässt.

Die Vergasung des gesamten Spektrums möglicher biogener Einsatzstoffe, auch die zur Erzeugung des Biosynthesegases und seiner Folgeprodukte einen reaktionsträgen Pyrolysekoks bildenden, ist die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe. Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren und eine Vorrichtung mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche.

Das zu Grunde liegende SPOT-Vergasungsverfahren der allothermen Wasserdampfvergasung mit Impulsbrenner ist für die unterschiedlichsten Typen von nachwachsenden Rohstoffen geeignet, unter anderem für die von SPOT patentierten Power Greenies, um durch chemische Synthese zur Herstellung von Treibstoffen, Chemie-Produkten und als Einsatzstoff zur Erzeugung von Energie, Verbrennung in Kesseln, Gasturbinen oder Wärmekraftmaschinen mit innerer Verbrennung geeignetes ebenda beschriebenes Bio-Synthesegas zu konvertieren. Die Einsetzbarkeit des Verfahrens wird durch den erstmalig entwickelten SPOT-Kombi-Vergasungsprozess wesentlich erweitert.

Das SPOT-Verfahren erlaubt in großem Stil, aus nachwachsenden Rohstoffen bzw. Biomassen Energie, Treibstoffe und chemische Zwischenprodukte zu erzeugen, die ihrerseits wiederum Ausgangssubstanz für die gesamte Palette der heute auf der Basis der Erdölchemie hergestellten Produkte ist. Die in der folgenden Beschreibung aufgezeigten, vorgeschlagenen Prozessrouten stehen

damit exemplarisch für die Möglichkeiten, sind aber auch die Schlüsselprozesse, die die Schnittstelle zwischen den erneuerbaren Ressourcen und den weiteren chemischen Prozesse auf der Grundlage eines geschlossenen Kreislaufes bilden.

Einsatzstoffe sind alle nachwachsenden Rohstoffe, die sich - und das ist die einzige theoretische Einschränkung - auf Restfeuchtgehalte von vorzugsweise unter 35 % Masse bringen lassen mit einem energetischen Aufwand, der deutlich geringer ist als die in Substanz gebundene, chemische Energie oder der entsprechende Brennwert. Ungeeignet ist der Prozess damit, bedingt durch die grundsätzlichen Reaktionsbedingungen, für stark wässrige und nur wenig Masseprozent an Feststoffen enthaltenden Biomassen (z. B. Gülle).

Die Ausführung der Vergasung mit zwei Vergasungsstufen erlaubt, Einsatzstoffe, die sehr reaktionsträgen Pyrolysekoks bilden, einzusetzen.

Nebenprodukte und regenerative Biomassen, Power Greenies, Futtermittel, auch Abfälle aus der Landwirtschaft oder Nahrungsmittelindustrie, Holz aller Sorten und Arten lassen sich mit diesem Prozess in erweitertem Rahmen (die spezifischen Anpassungen z. B. der Einsatzstoffaufbereitung und des Eintrages in den Vergasungsreaktor und des Bettmanagements sind marginal) zu einem umfänglich einsetzbaren Zwischenprodukt umsetzen. Die Durchführung des Vergasungsverfahrens als allothermer Vergasungsprozess in Verbindung mit dem SPOT-Kombi-Vergasungsprozess erlaubt darüber hinaus höchst effizient ein Synthesegas zu erzeugen, das ansonsten nur durch Vergasung mittels Sauerstoff zur Verfügung steht. Letzterer Weg führt über die technisch aufwendige, energetisch durch die thermodynamischen Umwandlungsprozesse wirkungsarmen Erzeugung von elektrischer Energie und der anschließenden Produktion von Sauerstoff.

Der Einsatz der Teilstromvergasung, d. h. des im allothermen Vergaser nicht ausreichend umgesetzten Pyrolysekokes ändert diese Aussage nicht grundlegend.

Diese Konzeption erlaubt somit alle zur Produktion benötigten Energien CO₂-neutral - d. h. als Netto CO₂-Verbraucher - auszuführen durch z. B. Harnstoffsynthese, durch die der CO₂-Anteil des Synthesegases erhöht und dieser Anteil an CO₂ mit umgesetzt wird, herzustellen.

Die im Folgenden beschriebenen Erfindungen beschäftigen sich mit dem SPOT-Kombi-Vergasungsprozess und der Schaltung der Prozessrouten, die es erlauben, das Bio-Synthesegas des Spot-Vergasers zur Erzeugung von Energie, Treibstoffen und chemischen Produkten einzusetzen. Diese Routen zeichnen sich aus durch die integrierte Nutzung des Purge-Gases (im wesentlichen Methan) als Brennstoff zur Erzeugung der Reaktionswärme des Vergasungsprozesses im SPOT-Vergasungsverfahren, durch energetische Effizienz und hohe stoffliche Nutzung der Einsatzstoffe. Teil der Erfindung ist der Einsatz des vorweg beschriebenen, gebildeten synthetischen Treibstoffes DME zur Stromerzeugung im Rahmen des INCOX100-Prozesses.

Im Einzelnen werden folgende Punkte betrachtet:

1. SPOT-Kombi-Vergasungsprozess
2. Einsatz von Off. Purge und anderen in den Down-Stream-Prozessen entstehenden brennfähigen Gasen zur Erzeugung der Prozesswärme der Vergasungsreaktion in den Impulsbrennern des allothermen SPOT-Vergasungsprozess
3. Mechanische, physikalische Gasreinigung einschließlich Gasverdichtung
4. Erzeugung von DME auf Basis Biosynthesegas

5. Erzeugung von mechanischer Energie (Antriebsleistung) und elektrischer Energie mit DME als Einsatzstoff
6. Typische Leistungsdaten des INCOX100-Prozesses
7. Stromerzeugung durch Einsatz von DME im Rahmen des INCOX100-Prozesses

Erzeugung der folgenden Produkte mit Biosynthesegas als Ausgangsbasis (Fig. 1)

- Methanol
- DME über die isolierte Zwischenstufe Methanol oder über die intermediäre Zwischenstufe Methanol
- Benzin/Diesel über Methanol als isolierte oder intermediäre Zwischenstufe
- H₂ als Einsatzstoff für Brennstoffzellen oder als Reaktant für diverse chemische Synthesen, beispielhaft Ammoniak-synthese und Harnstoffsynthese als Folgeprodukt (Dünger-herstellung), Olefin-Synthesen, hydrierende Synthesen etc.
- Strom (d. h. mechanische oder elektrische Energie durch direkte Verbrennung des Biosynthesegases und Nutzung in Gasturbinen oder der Verbrennung in der Internal Combustion Box (Wärme kraftmaschine mit innerer Verbrennung) ebenfalls zur Erzeugung von mechanischer Energie und prioritär elektrischem Strom
- Bio-Silica zeichnet sich als umweltfreundlicher Rohstoff mit hohem Siliziumgehalt aus und wird aus der Vergasung von biogenen Agrarnebenprodukten gewonnen. Aufgrund der hochwertigen chemischen, mineralogischen und physikalischen Eigenschaften wird das aus Asche extrahierte Siliziumdioxid (SiO₂) als notwendiges Hilfsmittel für die Produktion von Stahl, Keramik, Mörtel oder Zement, Dünger, Papier, Kunststoff, Kosmetik etc. benötigt.

Im Folgenden werden nochmals die schon in den Patentschriften dargelegten, modular aufgebauten Prozessrouten erläutert.

Das vorverdichtete Biosynthesegas wird im Rahmen eines Reingas-CO-Shift-Prozesses bezüglich des molaren Anteils CO/H₂ so eingestellt, dass das für die weitere Synthese optimale Verhältnis erreicht wird.

Im Regelfall, mit Ausnahme der H₂-Erzeugung, handelt es sich bei der CO-Shift um einen Teilstrom Shift. Die Prozessintegration erlaubt dabei die Minimierung des zu konvertierenden Teilstroms, um die erforderliche Gaszusammensetzung zu erreichen.

Das mittels seinem molaren CO/H₂-Verhältnis auf die Erfordernisse der nachfolgenden Synthese eingestellte Synthesegas wird nun zur Abscheidung des CO₂-Gehaltes und verschiedener, als Katalysatorgifte wirkender Spurenstoffe (z. B. Schwefelkomponenten) einer Gasreinigungsstufe unterzogen, wie sie die in der Patentanmeldung 10 2007 004 294.0 dargestellte Gasreinigungsstufe aufzeigt. Diese Ausführung ist beispielhaft für eine Reihe möglicher Prozessschaltungen, die die Funktionalität zur Reduzierung des CO₂ auf eine für die nachfolgenden Synthesen tolerablen Anteil und Entfernung der als Katalysatorgifte auftretenden Spurenstoffe erfüllen.

Alternativ zu diesen Verwendungen des Synthesegases ist wegen des exorbitant hohen Wirkungsgrades von INCOX100 nach dem Two Stroke oder nach dem Four Stroke Prinzip der Einsatz aus Biosynthesegas basierendem synthetischen Treibstoff DME und nachrangig Methanol, Diesel oder Benzin sinnvoll.

Als Ergebnis der Synthese von Methanol und DME tritt ein Off-Gas auf, das direkt oder nach Abtrennung von Wasserstoff aus diesem Gasgemisch z. B. durch den Pressure-Swing-Prozess direkt zur

Erzeugung der für die Vergasung in den integrierten Impulsbrennern benötigten Reaktionswärme eingesetzt werden kann.

In Fig. 11 ist die Anwendung als Schiffsantrieb abgebildet, hier ein Zweitakt-Großmotor, Langsamläufer, Drehzahlbereich um 100 rpm. Für die Anwendung als Stromerzeugungsanlage, bei einer verfügbaren Leistung der Maschinen bis 100 MW/h, sind Kraftwerksblöcke bis 1.000 MW/h unproblematisch darzustellen. Diese Maschinen erreichen mit Abgasnutzung (Abgasturbine und Abgaswärmenutzung mit Dampfturbine) Wirkungsgrade deutlich über 70 %. Damit dieser hohe Anteil an mechanischer Energie für den Generator zur Verfügung steht, zeigt sich diese Kombination als das technisch überlegene Konzept im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung für den Nutzanteil der Niedertemperatur-Wärme.

Beschreibung der Abbildungen (Figuren):

- Fig. 1a - 1c zeigen eine Übersicht über die unterschiedlichen Prozessrouten mit der Darstellung der Erzeugung von DME und dem Einsatz dieses Treibstoffes zum Einsatz für INCOX100 zur Stromerzeugung sowie als Brennstoff für Gasturbine, Kessel und Motor im Allgemeinen.
- Fig. 2: zweistufiger SPOT-Kombi-Vergasungsprozess
- Fig. 3: zeigt die Schaltungsvariantenversorgung der Impulsbrenner mit Brenngas.
- Fig. 4 zeigt eine Übersicht über die Entstaubung, das Quenchen, die Kühlung und die Verdichtung.
- Fig. 6 zeigt die Übersicht über die Verwendung (bzw. Einsatz) des aus Biosynthesegas hergestellten Methanols als Zwischenprodukt zur Erzeugung von synthetischen aliphatischen Kohlenwasserstoffe, der Erzeugung von DME (Dimethylether) als

universellem Treibstoff und als Vorprodukt für die Synthese verschiedener Chemieprodukte.

- Fig. 7: DME Synthese aus Synthesegas der Spot-Vergasungs-Prozesse
- Fig. 8: INCOX100 Strom allgemein
- Fig. 9: INCOX100 spezifische Leistungsdaten
- Fig. 10: INCOX100 Anwendung als Antrieb von Schiffen
- Fig. 11: INCOX100 Ausschnitt als Beispiel Stromerzeugung stationär

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsformen:

Es folgt eine Beschreibung des SPOT-Kombi-Vergasungsprozess, der Prozessroute zur Erzeugung des synthetischen Treibstoffes DME sowie diesen Einsatz im Rahmen des INCOX100-Prozesses sowie Gasturbine, Kessel etc. zur Stromerzeugung und/oder mechanischer (Wellen) Leistung, wie sie in Fig. 1a bis 1c ersichtlich sind.

Gegenstand der vorliegenden Anmeldung ist eine Erweiterung dieser Technologie, um das Spektrum der Einsatzstoffe auf biogene Einsatzstoffe ausweiten zu können, die zur Bildung eines reaktionsträgen Kokes im Pyrolyseschritt der Vergasung neigen. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass das aus der Wirbelschicht ausgetragene Material, eine Mischung aus Bettmaterial, Asche und Pyrolysekoks, direkt oder nach Siebung und Sichtung zur Abtrennung des Kohlenstoffes und der Feinanteile einem zweiten autotherm betriebenen, stationären oder expandierten bzw. zirkulierenden Wirbelschichtvergaser zugeführt wird, in dem mit Sauerstoff und Dampf als Vergasungsmittel der Pyrolysekoks zu Synthesegas umgesetzt wird. Dieses Produktgas, ein CO-reiches Synthesegas, wird vor der Gaskühlung dem Hauptgasstrom aus der allothermen Vergasung

beigemischt, die Grobanteile der Asche in den allothermen Vergaser des SPOT-Vergasungssystems zurückgeführt, der Feinanteil - ein Naturdünger - wird ausgeschleust. In Fig. 2 ist die Schaltung des zweistufigen SPOT-Vergasungsprozesses dargestellt.

Die folgende Beschreibung ist beispielhaft für die Anordnung einer zweiten Vergasungsstufe parallel zu einem SPOT-allothermen Vergaser. Die Wahl des Durchsatzes und des Durchsatzverhältnisses zwischen allothermer Vergasung und autothermen Vergasung ist frei und hängt von den spezifischen Einsatzbedingungen, d. h. von den eingesetzten biogenen Einsatzstoffen ab. Die vorliegende Erfindung erlegt hier keine Einschränkungen bezüglich des Durchsatzverhältnisses der beiden Vergasungstypen.

Der Einsatzstoff Power Greenies wird dem Vergasungssystem bevorzugt in der ersten Stufe dem allothermen SPOT Vergaser mit integrierter Prozesswärmeerzeugung durch Impulsbrenner aufgegeben (Details siehe eingangs erwähnte SPOT Patentanmeldungen). Das entstehende Produktgas, das Biosynthesegas, wird nach grober Entstaubung in einer Gaskühlung und einer ersten Feinentstaubung zugeführt, um über Gas-Quenche und Verdichtung in die Down Stream Prozesse zu gelangen.

Die mit dem Einsatzstoff eingetragene Asche wird zusammen mit nicht umgesetztem Pyrolysekoks, im Falle von Einsatzstoffen mit Bildung reaktionsträgen Pyrolysekokes, ausgetragen und in der Ascheaufbereitung gesiebt und/oder gesichtet, so dass die kohlenstoffreiche (oder die gesamte) Fraktion in die zweite Vergasungsstufe des Vergasungsprozesses transportiert wird.

In dieser Stufe, die nach dem Prinzip der expandierten oder zirkulierenden Wirbelschicht arbeitet, wird mit Sauerstoff/

Dampf als Vergasungsmittel bei Temperaturen bis 1.500°C der Pyrolysekoks zu einem CO-reichen (wegen des niedrigen H₂-Gehaltes des Einsatzstoffes) Synthesegas umgesetzt. Es ist Teil des Prozesses diesem Koks, dessen autotherme Vergasung bei höheren Temperaturen das eigentliche Ziel dieser Prozessstufe ist, die originalen Einsatzstoffe, soweit das aus Gründen der Vergasungsprozesse (Masse- und Wärmebilanz, Mindestdurchsatz) notwendig ist, beizumischen. Dieser zweite Vergaser wird mit einem inerten Bett betrieben, wobei das Material auf die gegenüber der ersten Stufe deutlich höheren Vergasungstemperatur ausgewählt sein muss, also unter diesen Bedingungen weder Agglomeration, Verbackungen oder Sticking unterliegen darf. Die Vergasungsmittelverteilung erfolgt über das aus der SPOT-allothermen Stufe bewährte Verteilungssystem, die Rückführung des Bettmaterials aus dem expandierten Wirbelbett erfolgt über Zyklon (hochbeladener) mit dynamischer Abdichtung auf der Feststoffseite durch eine Sperrstrecke.

Das Produktgas wird beispielhaft dem in der allothermen Vergasung gebildeten Biosynthesegas zugeführt und dann als Einheit genutzt. Die separate Verwendung ist ebenfalls Teil dieser vorliegenden Erfindung, ist aber für die praktische Anwendung von untergeordnetem Interesse.

Die Nutzung von Restgasen (Off- oder Purge-Gasen) der Folgeprozesse (Down-Stream-Prozesse) als Brennstoff für die Impulsbrenner wird im Folgenden beschrieben.

Die Ausführung des SPOT-Kombi-Vergasungsprozesses erlaubt den Einsatz der bei den innerhalb der im Folgenden beschriebenen Prozess-Routen entstehende, heizwertreichen Off-Gasen, wie sie bei besagten Prozessen als Restgase oder Purge-Gase von Kreisläufen anfallen, als Brennstoff für das Impulsbrenner-System (Impulsbrenner und integrierte Pilotbrenner) einzusetzen.

Ergebnis dieser Maßnahme ist die Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades der Prozessschritte und die optimale Nutzung des eingesetzten, nachwachsenden Rohstoffes. Das heizwertreiche Off-Gas wird zur Erzeugung der notwendigen Reaktionswärme der Vergasungsreaktionen genutzt. Die Impulsbrenner und die integrierten Pilotbrenner sind zu diesem Zwecke mit mehreren unabhängigen Versorgungssträngen für die unterschiedlichen Brenngase und Abgase ausgerüstet. Durch diese Einbindung der Off-Gase werden die Prozesse zu einem integrierten Element des SPOT-Kombi-Vergasungsprozesses, die Prozessschritte zu einer direkt unverwechselbar verbundenen Einheit (siehe Fig. 3 Schaltungsvarianten, Versorgung der Impulsbrenner mit Brenngas). Eine weitere mögliche Variante ist die Verwendung dieser Off-Gase als Brenngase der Impulsbrenner, nachdem diese z. B. durch Abtrennung von H₂, das als Reaktant z. B. in der Methanolsynthese eingesetzt werden kann, aufbereitet wurden.

Die technische Ausrüstung erlaubt für das Anfahren den Normalbetrieb der Vergasungsanlage mit Bio-Synthesegas, Erdgas und Propan sowie den verschiedenen Abgasen der Folgeprozesse. Das Konzept erlaubt auch bei parallel geschalteten Vergasern das Anfahren mit Hilfe von Bio-Synthesegas aus den parallelen Vergasern. Als Erweiterung des Einsatzspektrums der zum Anfahren der Vergaser benötigten Einsatzstoffe (Brennstoffe der Impulsbrenner) ist auch der Einsatz des aus Bio-Synthesegas erzeugten DME (Dimethylether) möglich und im Sinne dieser Erfindung.

Der Einsatz einer mechanischen Gasreinigung und Feinentstaubung mittels Multizyklon und Sintermetallfilter (Gaskonditionierung vor Verdichtung des Bio-Synthesegases) ist dabei vorgesehen.

Es ist eine Verdichtung des Bio-Synthesegases und in Folge aus thermodynamischen und maschinentechnischen Erfordernissen heraus die Abkühlung des Produktgases auf einen Temperaturbereich

vorzugsweise unter 100 °C erforderlich. In diesem Temperaturbereich kondensieren, insbesondere im Anfahrbetrieb, die in Spuren im Bio-Synthesegas vorhandenen kondensierbaren Kohlenwasserstoffe aus.

Das folgend beschriebene Konzept, die mechanische Reinigung des Bio-Synthesegases in der beschriebenen Prozessstufe (Fig. 4) und die Kühlung in der bevorzugt mit Öl, Bio-Diesel oder anderen geeigneten Wasch- und Kühlmedien betriebenen Prozessstufe gewährleistet die erforderliche Reinheit und die notwendige Kühlung. Das Konzept vermeidet dabei den Anfall technische nicht nutzbarer Reststoffströme. Die Details dieser Erfindung sind in den Patentanmeldungen 10 2007 004 294.0 und 10 2006 017 353.8 erläutert.

Daraufhin erfolgt eine Gasverdichtung auf die für die Folgeprozesse notwendigen Druckstufen. Die Verdichtung der Prozessstufen richtet sich nach den Anforderungen der nachfolgenden Prozesse und wird dann erforderlich, wenn der Prozessdruck dieser nachfolgenden Prozessstufe über dem der Vergasung liegt. Diese Stufe kann direkt in die Prozessstufe integriert oder separat ausgeführt werden. Im Einzelnen lassen sich diese Prozesse wie folgt beschreiben:

- Folgeprozesse auf dem Druckniveau der Vergasungseinheit: Drucklose und nahe atmosphärische Prozesse, wie die Verbrennung des Produktgases in Kesseln oder die Feuerung von Industrieöfen (z. B. Drehrohröfen zur Herstellung von gebranntem Kalk, Zementöfen etc.)
- Folgeprozesse mit erhöhtem Druck
- Prozesse mit integrierten Verdichtern (z. B. Turboladern): Als Beispiel sei hier der Einsatz des Bio-Synthesegases in Gasturbinen angezeigt.

- Prozesse mit externer Verdichtung, um den Synthesegasvordruck auf die für die nachfolgenden Prozesse notwendigen Reaktionsdruck zu heben. Hierzu der Einsatz in Syntheseanlagen, die im Regelfall bei einem Druckniveau im Bereich 20 bis 30 bar a betrieben werden.

Ein weiterer Aspekt ist die Produktion von Synthesegas zur Energieerzeugung (Wasserstoff), synthetischen Treibstoffen wie DME und Chemie-Produkten über direkte Synthese oder mit Methanol als Zwischenstufe, wie bereits angemeldet. Eines der wichtigsten Folgeprodukte des Biosynthesegases im Hinblick auf den Einsatz als Treibstoff ist DME (Dimethylether). Dieses Produkt ist zum einen über das isolierte Methanol der Methanolsynthese zugänglich oder über die intermediäre Stufe Methanol, ohne dessen Isolierung. In der Abbildung Fig. 7 ist ein Überblick über die Prozessroute der DME-Erzeugung aus Biosynthesegas gegeben. Neben der CO-Konvertierung, der Gaswäsche, umfassen die Prozess-Routen jeweils die gesamte Gaserzeugung nach dem SPOT-Verfahren oder dem SPOT-Kombi-Vergasungsprozess mit den Reinigungsstufen und der Verdichtung.

Die folgende Beschreibung konzentriert sich auf Fig. 7, und insbesondere auf die Produktion von DME (beispielhaft dargestellt als Folgeprodukt des in der Methanolsynthese hergestellten Methanols) und dessen Verwendung als Treibstoff für die Anwendungsfälle für INCOX100, Gasturbine und der Vollständigkeit halber Dampfkessel.

Weitere Prozesse, wie die verschiedenen Prozesse zur Herstellung von H₂ einschließlich dessen Einsatz in Brennstoffzellen, die Erzeugung von Ammoniak und darauf basierende Folgeprodukte wie das Düngemittel Harnstoff, der Fischer-Tropsch-Prozess mit seinen Varianten und Folgeprodukten wurden bereits als Patent

angemeldet (Patentanmeldung 10 2007 004 294.0), so dass hier auf eine weitere Erläuterung verzichtet wird.

Wesentlich ist hier die auf der Methanolsynthese aufbauende, schon in der o. g. Patentanmeldung erwähnten Synthese des DME aus Methanol, hervorzuheben. Dieser selektiv, mit hohem Umsatz verlaufende Prozess, ist in zwei Varianten verfügbar. Einmal über das isolierte (kondensierte Methanol) und direkt über das Produktgas der Methanolsynthese über das gasförmige Methanol. Beides sind katalytische Prozesse.

Die folgende Beschreibung der DME-Synthese auf der Basis Biosynthesegas folgt der Darstellung in Fig. 7.

Das Biosynthesegas wird nach der Verdichtungsstufe mit einem Druck von ca. 20 bar a zur Entfernung von Spuren der Schwefelverbindungen (H₂S e. a.) einer Grobentschwefelung unterzogen. Die im Biosynthesegas vor diesem Prozess enthaltenen Schwefelspuren werden z. B. durch Kontakt mit einer Eisen-Chelat-Lösung absorbiert und katalytisch zu Schwefel oxidiert, um dann beispielhaft in einem speziellen Teilstrom CO-Shift - Prozesse einer Hochtemperatur CO-Shift - konvertiert zu werden. Nach dieser Konvertierung ist das molare Verhältnis H₂/CO eingestellt, nach Entfernung des Hauptanteils des CO₂-Gehaltes in einem chemischen Waschprozess und eines zum Schutz des Katalysators eingesetzten Catch-Potts (Zinkoxid-Katalysator) sind die Bedingungen für die nachfolgenden Prozesse Methanolsynthese und dem Folgeprozess der DME-Synthese erfüllt.

Nach weiterer Verdichtung des konvertierten, von CO₂ und Spurenstoffen befreiten Synthesegases, wird dieses dem Kreislaufgasstrom und dem aus den Off(Purge)-Gasen der Methanolsynthese z. B. durch einen Pressure Swing Prozess abgetrennten Wasserstoffes beigemischt und der Methanolsynthese

zugeleitet. Das in dieser Synthese gewonnene Rohmethanol wird anschließend in einer weiteren Prozessstufe zu DME umgesetzt.

Aus der Methanolsynthese wird zur Gleichgewichtseinstellung, das heißt Begrenzung des Anteils nicht umsetzbarer Komponenten, das Purge-Gas abgetrennt, das nach Abtrennung des Wasserstoffanteils dem SPOT-Vergasungsprozess zur Erzeugung der Prozesswärme zugeführt wird.

Die Stromerzeugung aus biogenen Einsatzstoffen, allothermer Vergasung im SPOT-Vergasungsverfahren und direkter Verbrennung des konditionierten Gases nach Gasreinigung, Verdichtung und eventueller Kühlung sowie in der/den Brennkammer/n der Gasturbine, im Kessel, in direkt befeuerten Industrieöfen und in Verbrennungsmotoren (Großmotore) wurde in der Patentanmeldung 10 2007 004 294.0 ausführlich beschrieben.

Mit dem synthetischen Treibstoff DME auf Basis Biosynthesegas steht allerdings ein klimaneutraler Einsatzstoff zur Verfügung, der durch Einsatz in Kessel und Gasturbine - wie industrieller Wärmequelle zur dezentralen Wärmeerzeugung - im INCOX100-Prozess zur Erzeugung von elektrischem Strom und als Antrieb z. B. von Schiffen, als Treibstoff in Fahrzeugen und als Substitut für Flüssiggas zur Verfügung. Diese Anwendungen sind in der Abbildung Fig. 1c aufgeführt.

In der vorliegenden Erfindung wird der Einsatz des auf Basis des Biosynthesegases hergestellten Produktes im Rahmen des INCOX100-Prozesses beschrieben.

INCOX100 ist ein Prozess, dessen Kernstück die Internal Combustion Box darstellt. Diese Internal Combustion Box ist ein Verbrennungsaggregat mit interner Verbrennung, integrierter Verbrennungsluftverdichtung und Abgasexpansion. Diese Vorrichtung steht in Zwei- und Viertakt-Ausführung bis zu

Leistungsgrößen von 100 MW/h el. zur Verfügung. In beiden Fällen wird die Energie des Rauchgasstromes der Verbrennung nach der internen Expansion mittels Abgasturbine und durch Abwärmenutzung, Dampferzeugung und Nutzung in Dampfturbine sowie optional mittels Wärmekraftkopplung zur Erzeugung von mechanischer Energie und/oder Strom genutzt. Anwendung dieser Technologie im Bereich der Stromerzeugung führt ohne Probleme durch die technisch verfügbare Modulleistung von 100 MW/h zu möglichen Stromerzeugungsanlagen (INCOX100-Kraftwerke) von 1.000 MW/h und mehr.

Weiterer wesentlicher Aspekt des INCOX100-Prozesses ist die Aufladung der Verbrennungsluft zur Erzielung eines optimalen Wirkungsgrades der Maschine, das Erreichen eines hohen, technisch erzielbaren Innendruckes, der während der Verbrennung zu Beginn des Arbeitstaktes auftritt, die Nutzung der Energie der Rauchgase nach der Verbrennung durch Abgasturbine (Expansionsturbine, die einmal die Verbrennungsluft verdichtet und die restliche Expansionsarbeit zum Antrieb eines Generators einsetzt), und darüber hinaus die Enthalpie der Verbrennungsgase/Rauchgase) zur Dampferzeugung zu nutzen.

Zusätzlich ist die Auskopplung von Wärme zu Heizzwecken (Wärme-Kraft-Kopplung) vorgesehen. Dieser Prozess erreicht mit der beschriebenen Abgasnutzung mechanische Wirkungsgrade deutlich über 70 %. Mit integrierter Wärme-Kraft-Kopplung lässt sich, zumindest theoretisch, dieser Wirkungsgrad nochmals um über 15 Wirkungsgradpunkte steigern. Dieses erfindungsgemäße Konzept mit Wärme-Kraft-Kopplung zeichnet sich durch den hohen mechanischen Wirkungsgrad (indiziert damit den sehr hohen elektrischen Wirkungsgrad) aus, der um den Faktor zwei über dem derzeitiger Kraftwerke liegt. Es ist das technische Top-Konzept im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung, da hier der Nutzanteil Nieder-

temperatur/Wärme für Heizungszwecke geringer ist, die aber nicht permanent abgenommen werden muss.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Biosynthesegasen und/oder synthetischem Treibstoff, insbesondere DME (Dimethylether) und/oder Bio-Silica, unter Einsatz biogener Einsatzstoffe, umfassend die Schritte:
 - allotherme Vergasung des biogenen Einsatzstoffes mithilfe von Impulsbrennern zur integrierten Erzeugung von Prozesswärme in einem Wirbelschichtvergaser;
 - Vergasung von reaktionsträgem Pyrolysekoks aus der ersten Vergasungsstufe in einer zweiten, Vergasungsstufe, die vorzugsweise parallel arbeitet, die nach dem Prinzip der expandierten oder zirkulierenden Wirbelschicht arbeitet, mittels Sauerstoff/Dampf als Vergasungsmittel
 - Zusammenführen zumindest eines Teiles der Vergasungsprodukte aus den beiden Vergasern für die gemeinsame Weiterverarbeitung.
2. Das Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das ausgetragene Material einer Siebung und/oder Sichtung zur Abtrennung des Kohlenstoffes und/oder der Feinanteile zur Isolierung des in der Asche enthaltenen Bio-Silikates unterzogen wird.
3. Das Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Grobanteile der Asche in den allothermen Vergaser zurückgeführt werden und/oder der Feinanteil der Asche als ein hochwertiges Bio-Silikat-Produkt ausgeschleust wird.

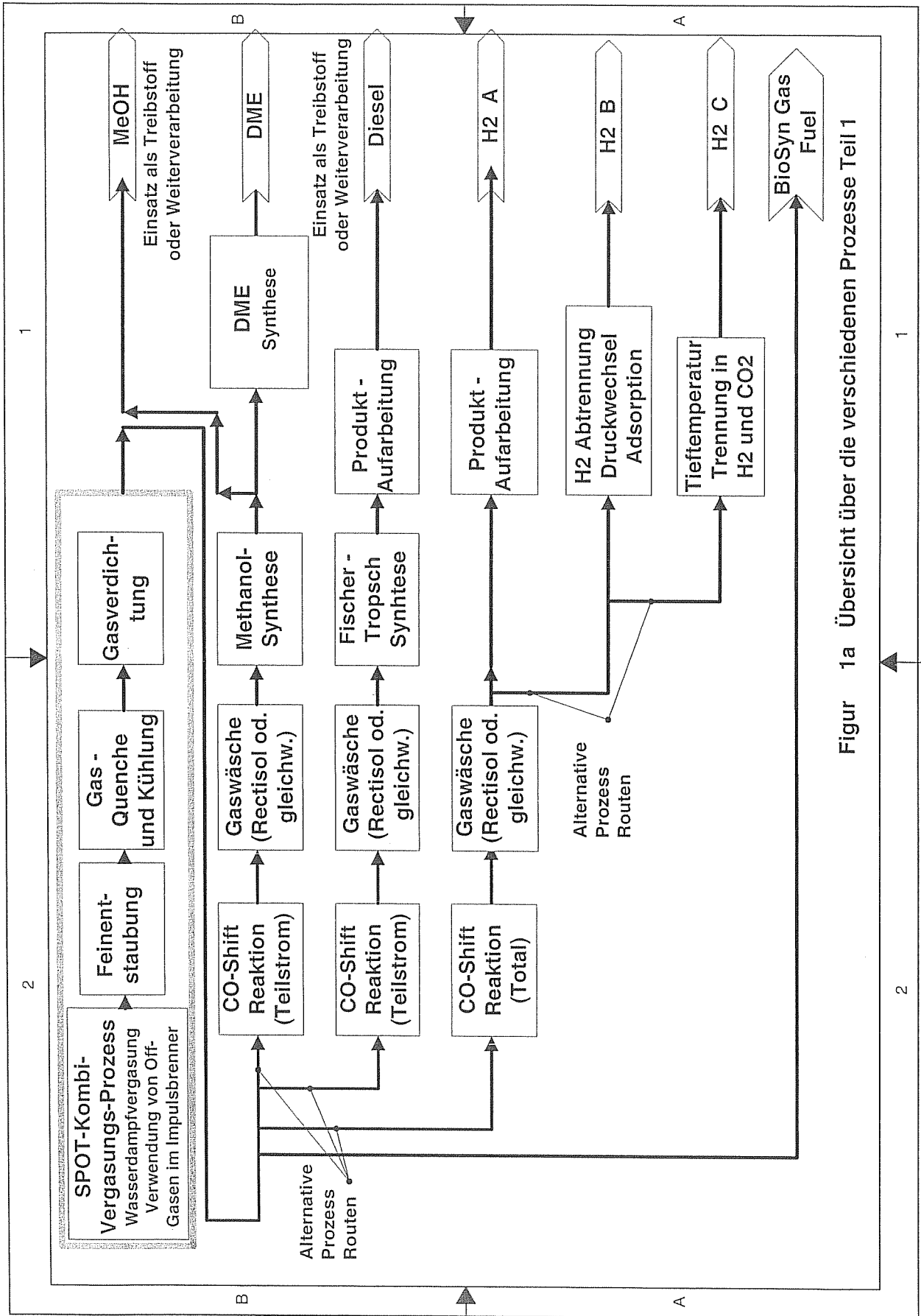
4. Das Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Weiterverarbeitung der Biosynthesegase einen oder mehrere der folgenden Schritte umfasst:
 - In-Situ-Entschwefelung
 - Heißgas-Reinigung
 - Entfernung von Halogenen durch Adsorption
 - ein- oder mehrstufige Feinreinigung mit Multizyklon und Sintermetallfilter
 - Einsatz einer Quenche, durch die mittels einer nicht wässrigen Waschflüssigkeit Spuren von kondensierbaren aliphatischen und/oder aromatischen Kohlenwasserstoffen ausgewaschen werden
 - Gaskühlung für die nachfolgenden Verdichterstufen
5. Das Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei aus dem erzeugten Biosynthesegas über die Zwischenstufe Methanol Dimethylether (DME) erzeugt wird.
6. Das Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei der in der allothermen Vergasung gebildete reaktionsträge Pyrolysekoks (auf Grundlage des biogenen Einsatzmaterials) in einer zweiten Vergasungsstufe mit einem Sauerstoff-/Dampfgemisch als Vergasungsmittel umgesetzt wird.
7. Das Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei vorverdichtetes Biosynthesegas im Rahmen eines Reingas-CO-Shift-Prozesses bezüglich des molaren Anteils CO/H₂ so eingestellt wird, dass für die weitere Synthese optimale Verhältnisse erreicht werden.
8. Vorrichtung zur Herstellung von Biosynthesegasen und/oder synthetischem Treibstoff, insbesondere DME (Dimethylether), unter Einsatz biogener Einsatzstoffe, umfassend die Komponenten:

- Allothermer Wirbelschichtvergaser zur Vergasung des biogenen Einsatzstoffes mithilfe von Impulsbrennern zur integrierten Erzeugung von Prozesswärme;
 - Weiterer Vergaser, der vorzugsweise parallel angeordnet ist, nach dem Prinzip der expandierten oder zirkulierenden Wirbelschicht als zweiter Vergaser zur Vergasung von reaktionsträgem Pyrolysekoks aus der ersten Vergasungsstufe mittels Sauerstoff/Dampf als Medium
 - Vorrichtungen zum Zusammenführen mindestens eines Teiles der Vergasungsprodukte aus den beiden Vergasern für die gemeinsame Weiterverarbeitung
9. Die Vorrichtung nach dem vorhergehenden Vorrichtungsanspruch, wobei Mittel vorhanden sind, die das ausgetragene Material einer Siebung und/oder Sichtung zur Abtrennung des Kohlenstoffes und/oder der Feinanteile zur Isolierung des in der Asche enthaltenen Bio-Silikates unterziehen.
10. Die Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, wobei Mittel vorhanden sind, die die Grobanteile der Asche in den allothermen Vergaser zurückführen und/oder die den Feinanteil der Asche als ein hochwertiges Bio-Silikat-Produkt ausschleusen.
11. Die Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, wobei die Weiterverarbeitung der Biosynthesegase durch eines oder mehreren der folgenden Mittel erfolgt:
- Mittel zur In-Situ-Entschwefelung
 - Mittel zur Heißgas-Reinigung
 - Mittel zur Entfernung von Halogenen durch Adsorption
 - Mittel zur ein- oder mehrstufigen Feinreinigung mit Multizyklon und Sintermetallfilter

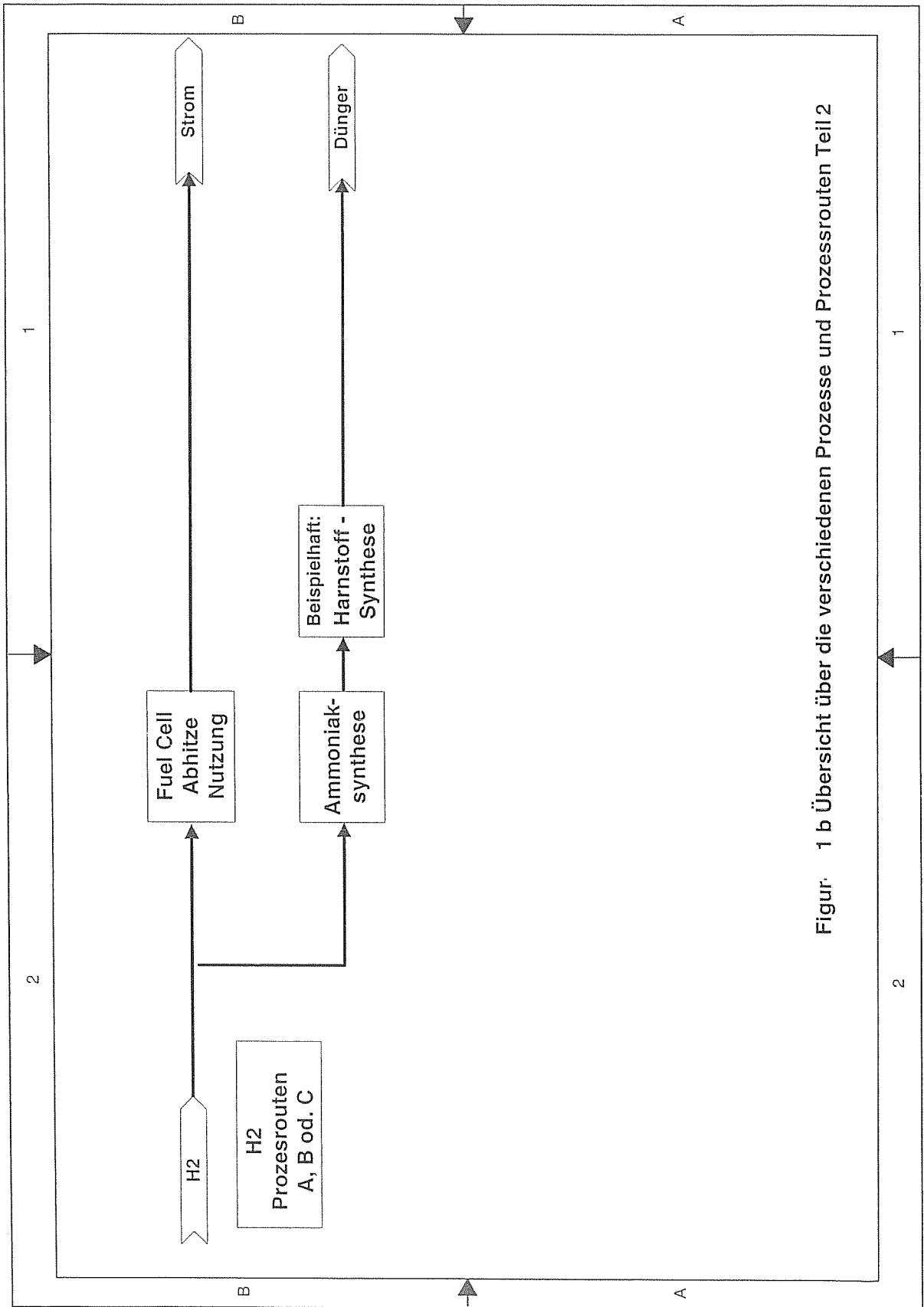
- Quenche, durch die mittels einer nicht wässrigen Waschflüssigkeit Spuren von kondensierbaren aliphatischen und/oder aromatischen Kohlenwasserstoffen ausgewaschen werden.
 - Mittel zur Gaskühlung für die nachfolgenden Verdichterstufen
12. Die Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, wobei Mittel vorhanden sind, die aus dem erzeugten Biosynthesegas über die Zwischenstufe Methanol Dimethylether (DME) erzeugen.
13. Die Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, wobei der in den allothermen Vergasern gebildete reaktionsträge Pyrolysekoks in einer zweiten Vergasungsstufe mit nach dem Prinzip der expandierenden oder zirkulierenden Wirbelschicht arbeitenden Vergasern mittels Sauerstoff/Dampf als Vergasungsmittel umgesetzt wird.
14. Die Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, wobei Mittel vorhanden sind, die vorverdichtetes Biosynthesegas im Rahmen eines Reingas-CO-Shift-Prozesses bezüglich des molaren Anteils CO/H₂ so einstellen, dass das für die weitere Synthese optimale Verhältnis erreicht wird.
15. Verwendung einer Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche zur Erzeugung von Kraftstoff für einen Zweitaktmotor oder Viertaktmotor, insbesondere auf einem Schiff.
16. Die Verwendung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass DME oder Synthesegas für, vorzugsweise

eine INCOX100 (Internal Combustion Box), in einer Zweitakt-Ausführung zur Stromerzeugung verwendet wird.

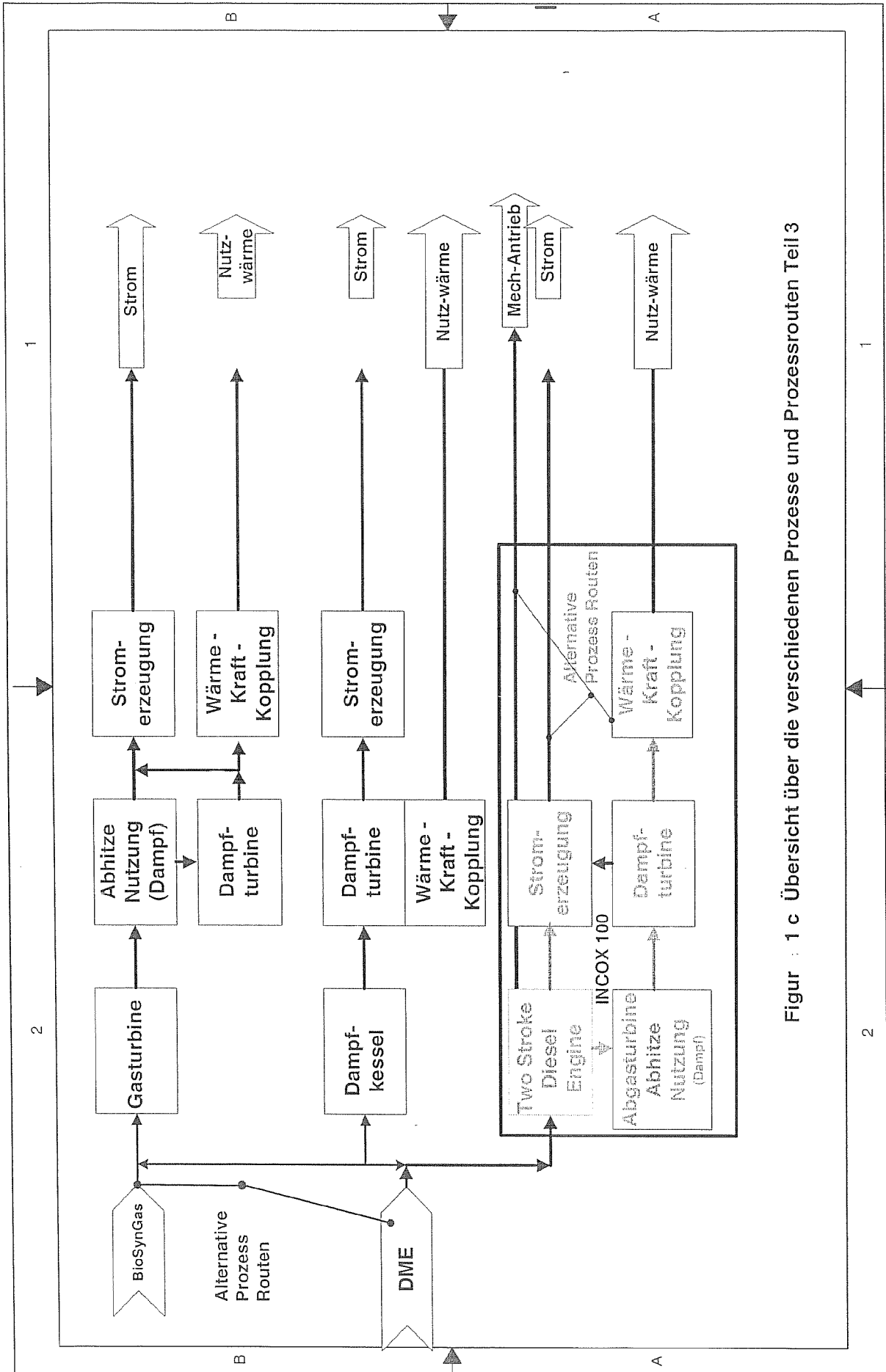
17. Die Verwendung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die auf Grundlage der Synthesegas-erzeugung gewonnene Asche der Herstellung von Bio-Silica dient.



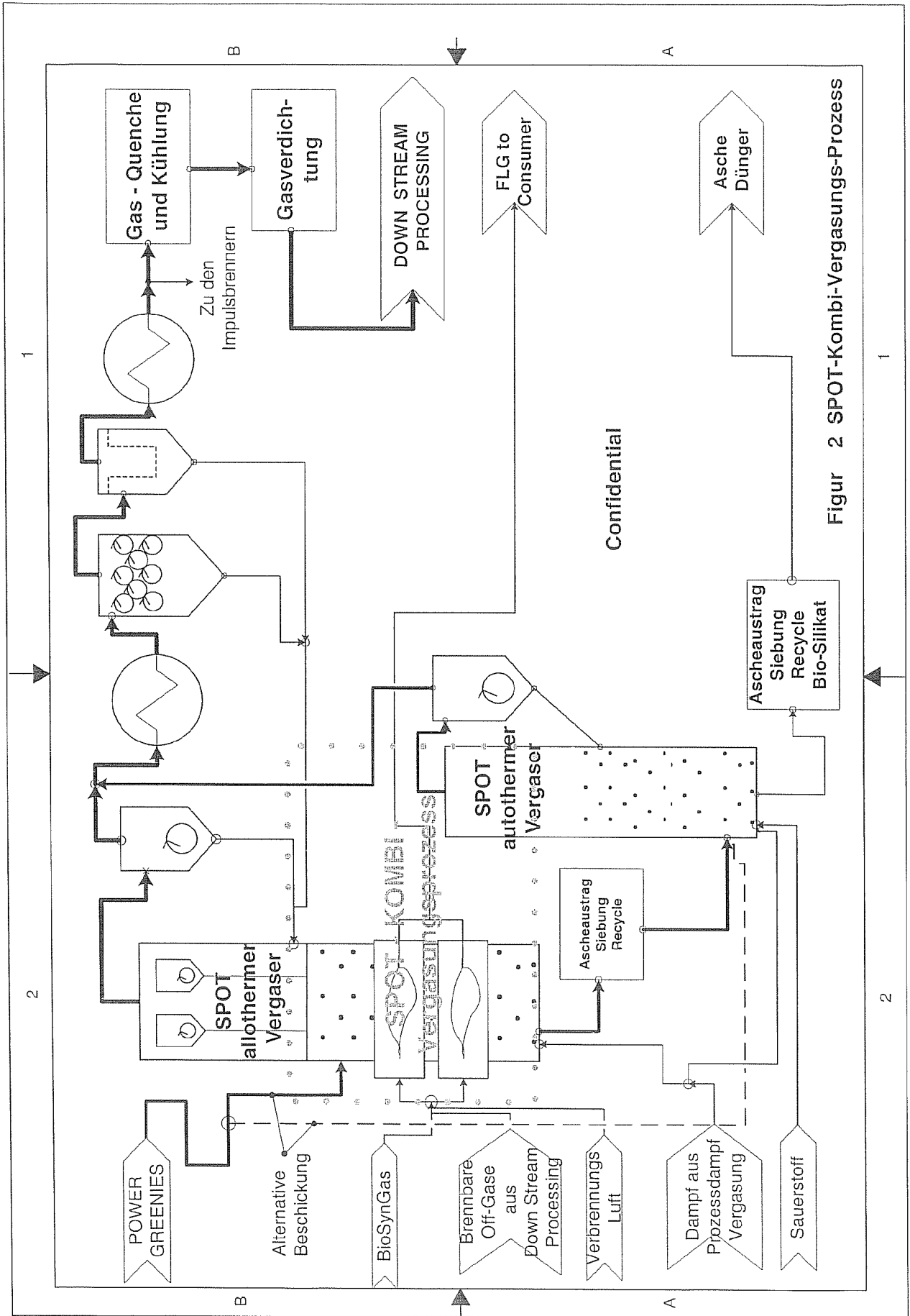
Figur 1a Übersicht über die verschiedenen Prozesse Teil 1



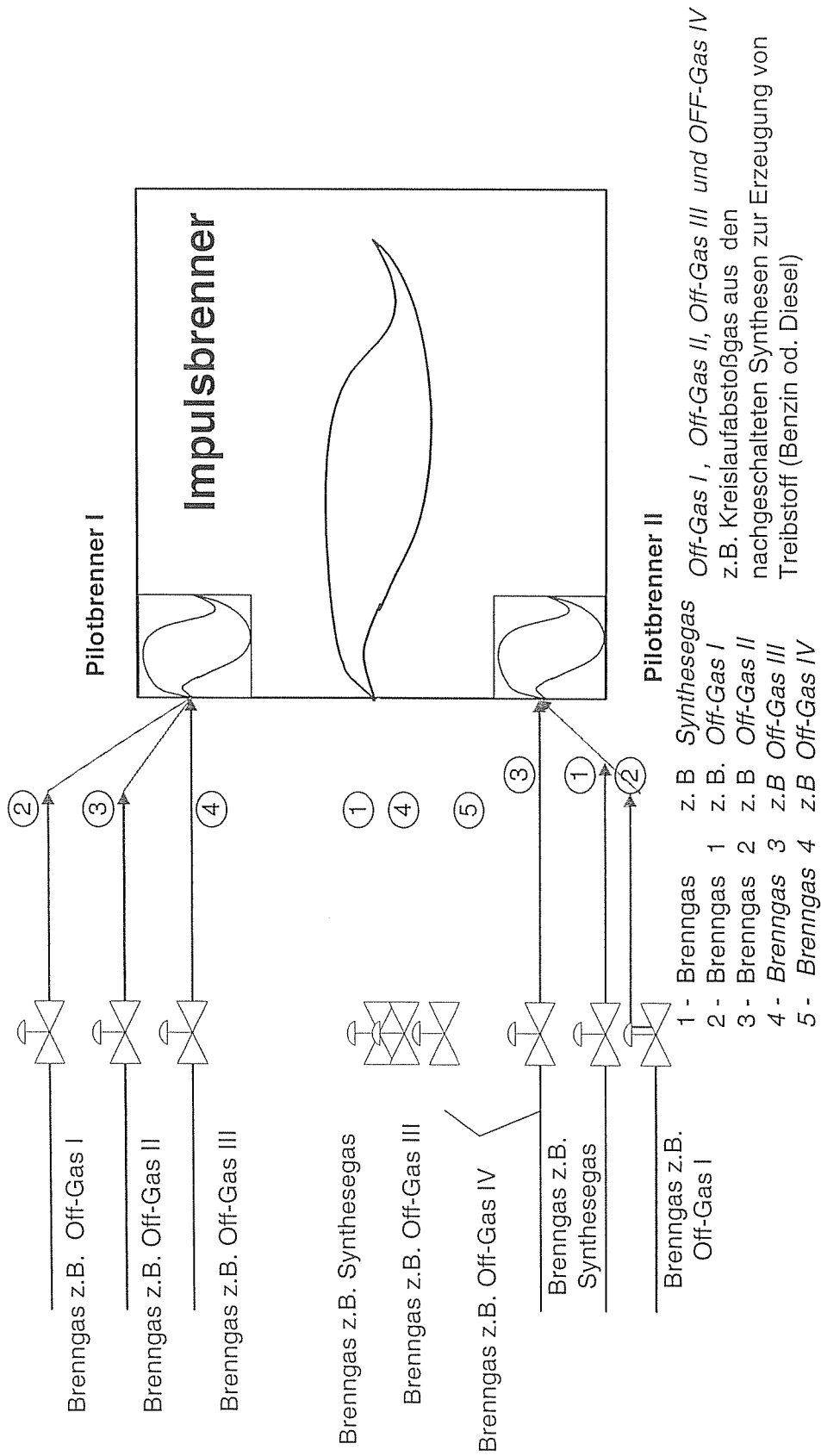
Figur. 1 b Übersicht über die verschiedenen Prozesse und Prozessrouten Teil 2



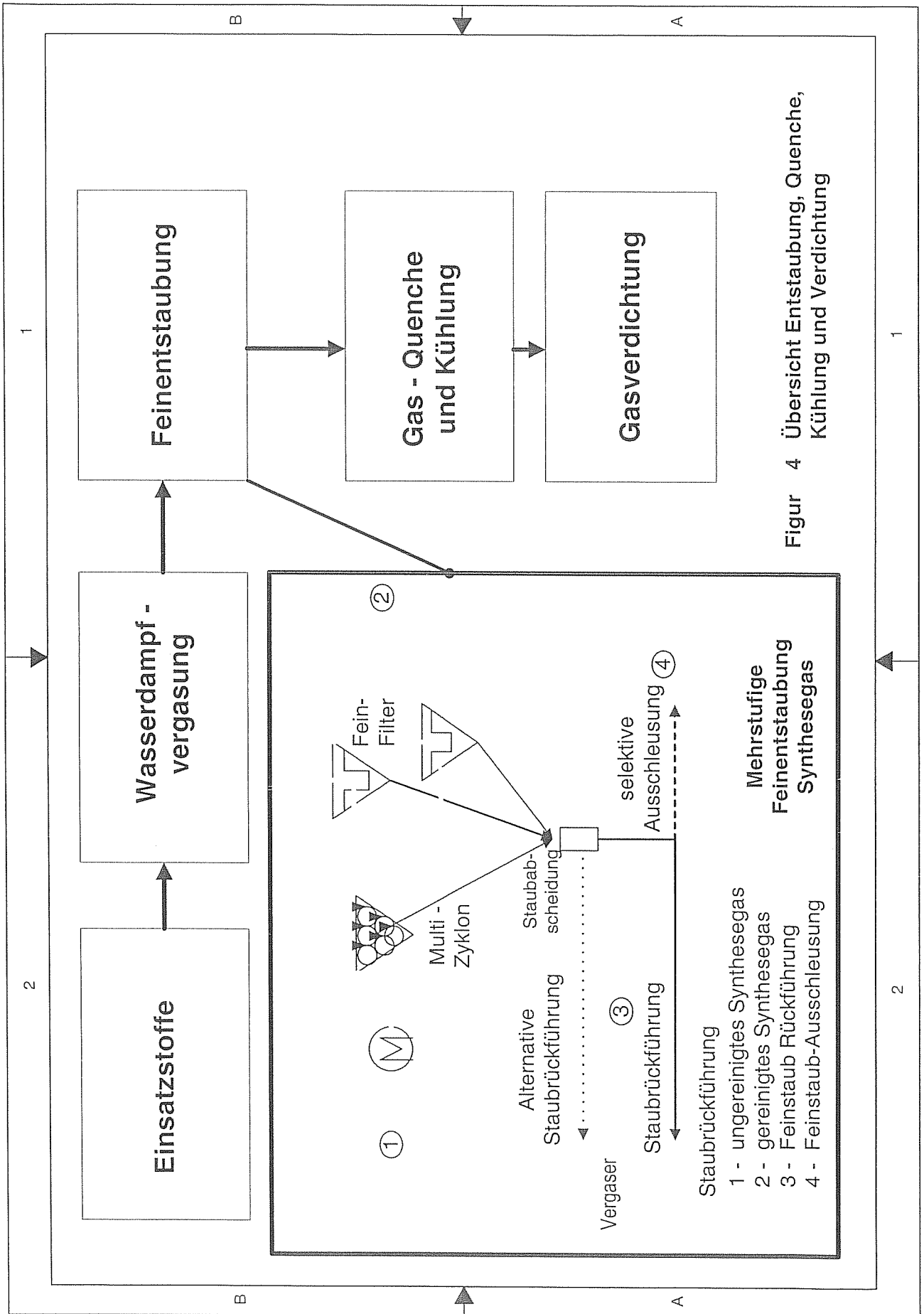
Figur : 1 c Übersicht über die verschiedenen Prozesse und Prozessrouten Teil 3



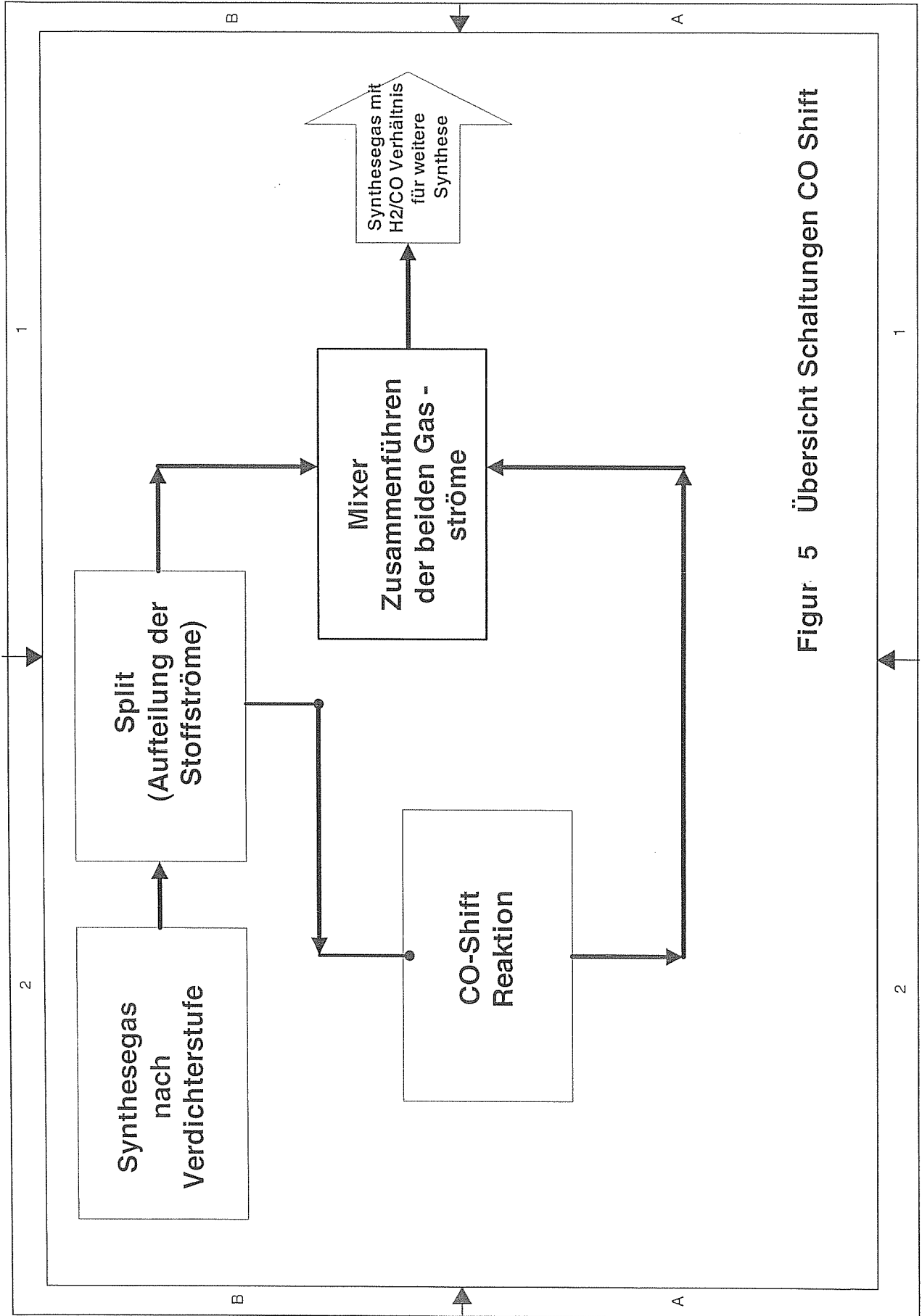
Figur 2 SPOT-Kombi-Vergasungs-Prozess



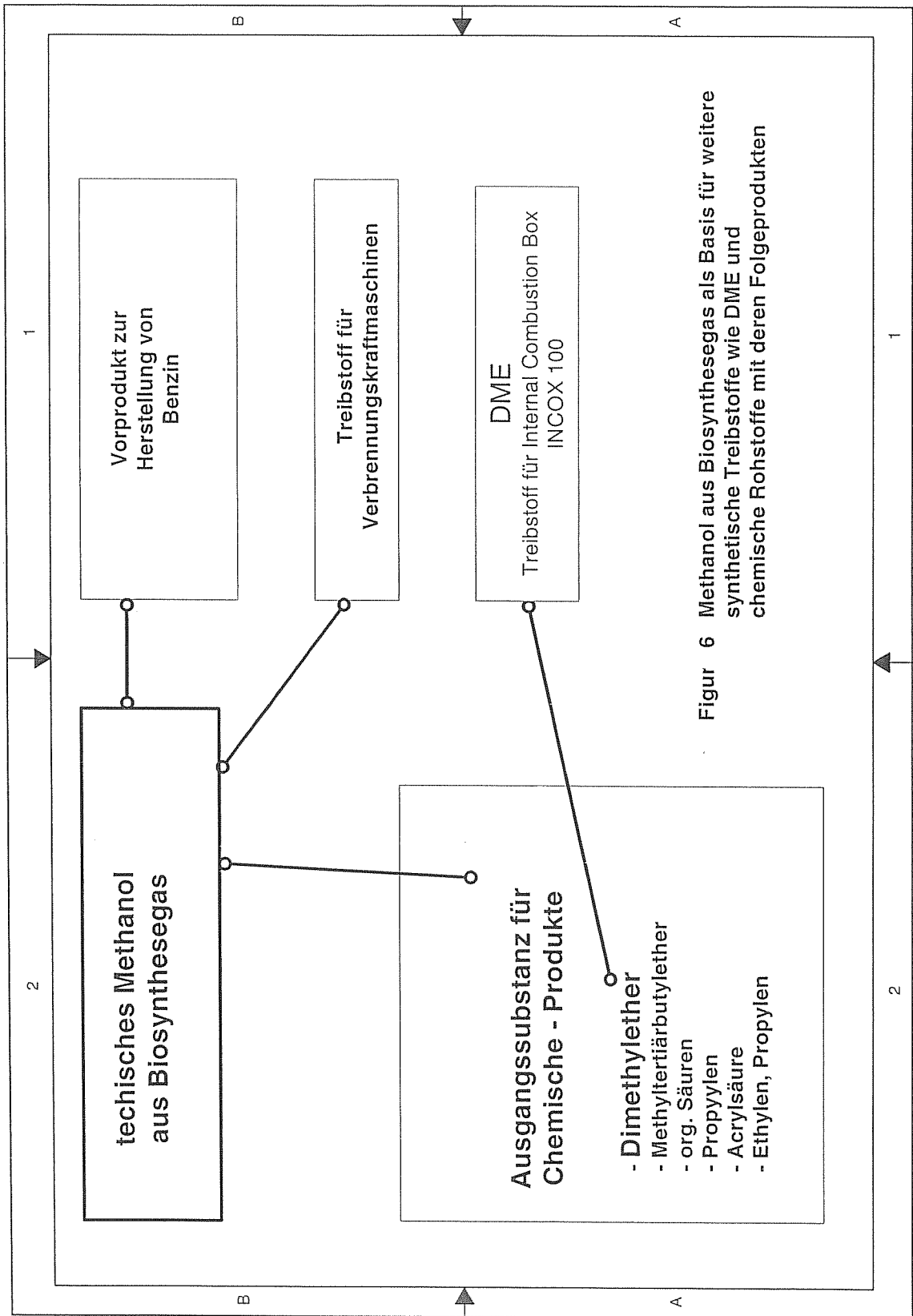
Figur 3 Schaltungsvarianten Versorgung der Impulsbrenner mit Brenngas



Figur 4 Übersicht Entstaubung, Quenche, Kühlung und Verdichtung



Figur 5 Übersicht Schaltungen CO Shift



Figur 6 Methanol aus Biosynthesegas als Basis für weitere synthetische Treibstoffe wie DME und chemische Rohstoffe mit deren Folgeprodukten

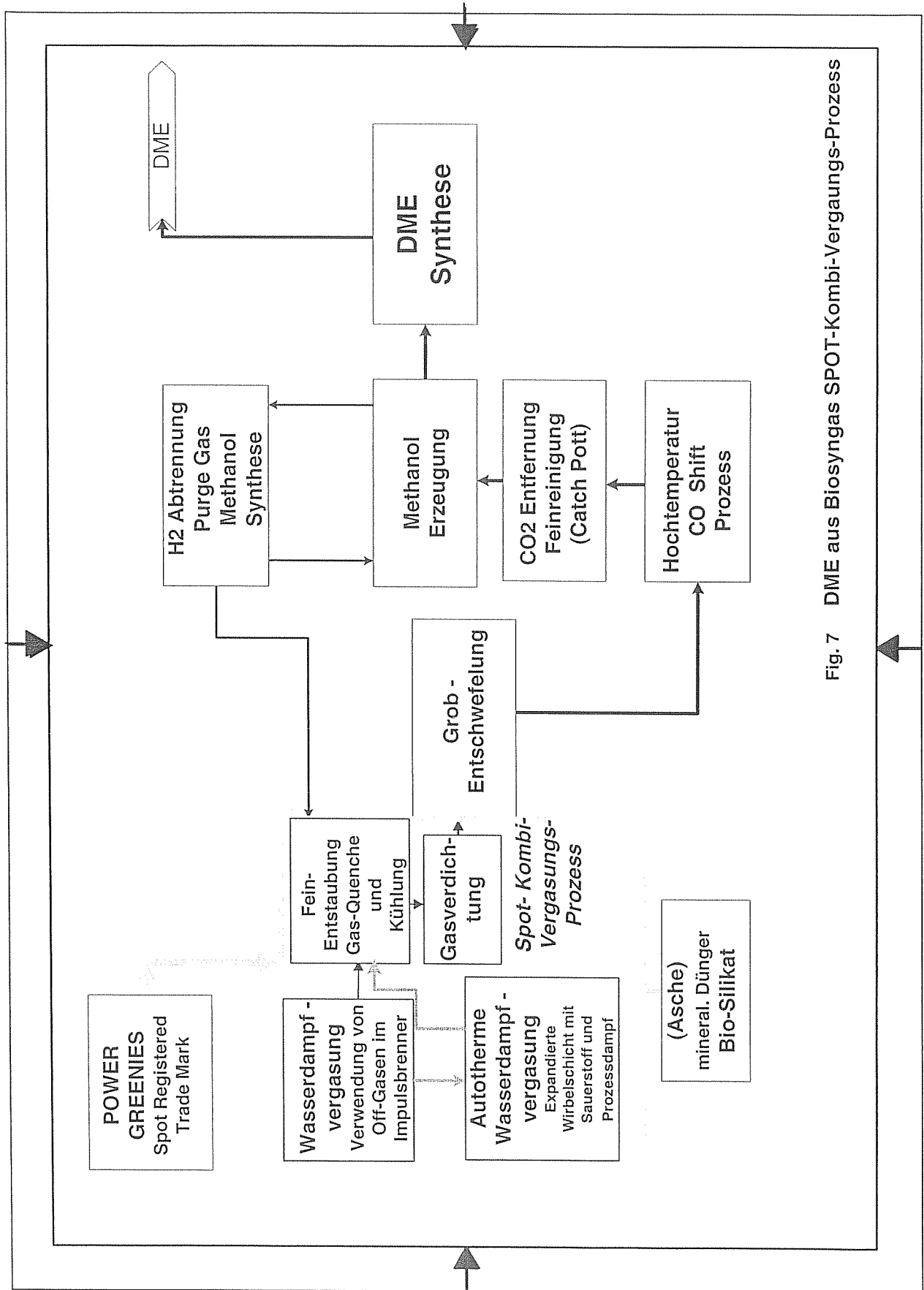
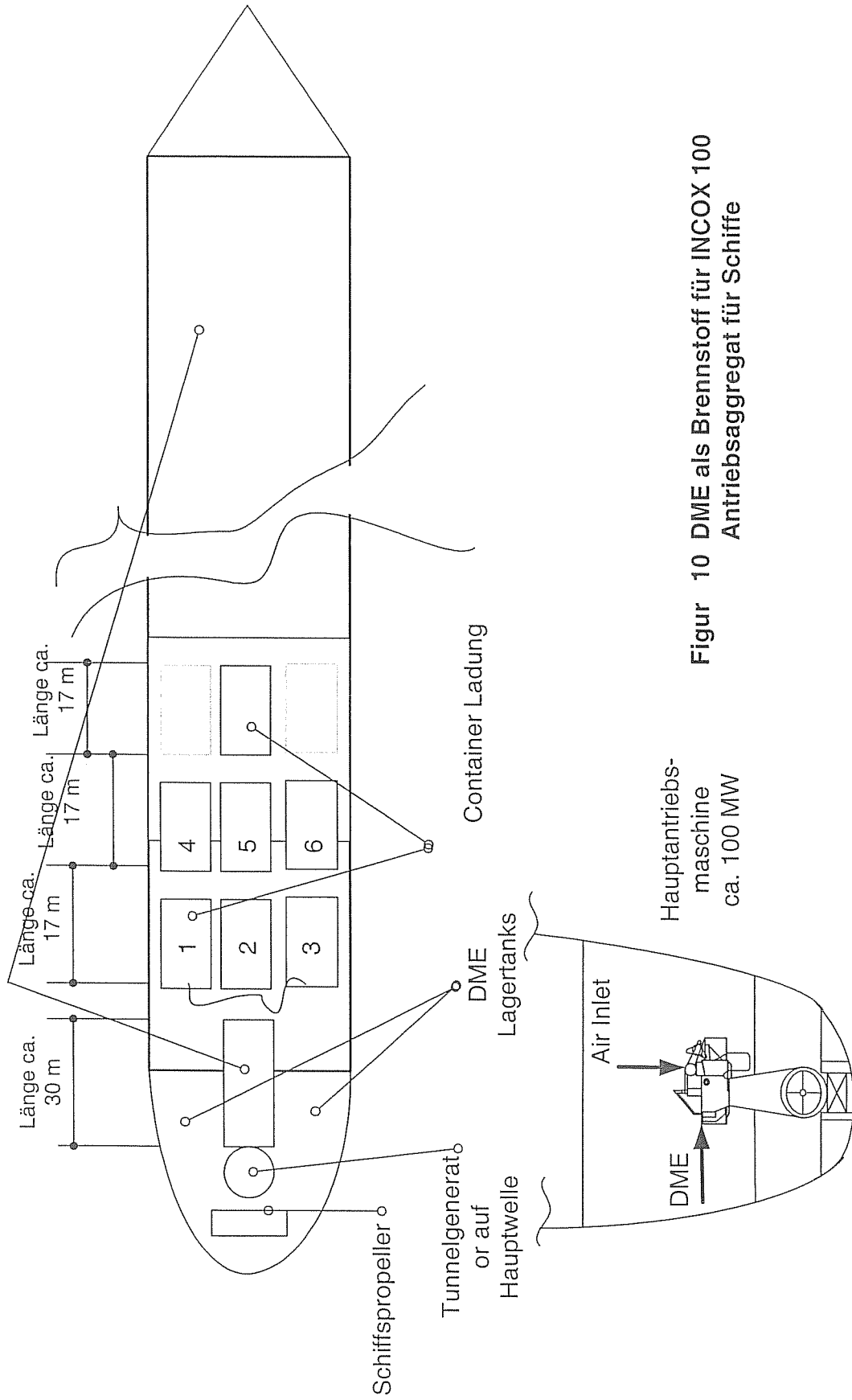


Fig. 7 DME aus Biosyngas SPOT-Kombi-Vergaungs-Prozess

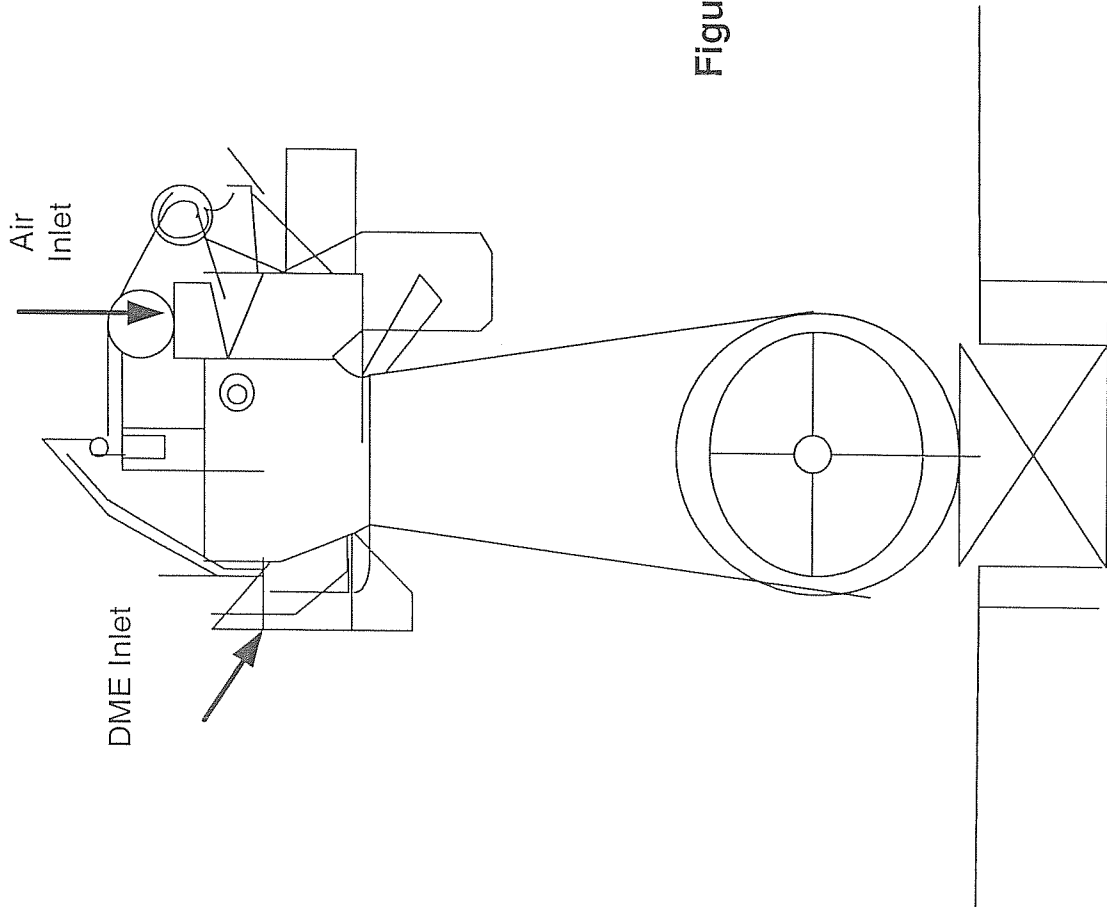
FIGUR 9 INCOX 100 spezifische Leistungsdaten

Bohrung mm	Hub mm	Anzahl Zylinder, Anordnung	Drehzahl Upm	Weilenleistung (MW)	TYPE Two Stroke; Four Stroke
960 bis 1080	2400 bis 3200	3 bis 14; L	70 bis 148	79,9 bis 97,2	Two Stroke
800 bis 920	2300 bis 3200	5 bis 12; L	76 bis 104	31,0 bis 47,4	Two Stroke
480 bis 720	620 bis 2800	4 bis 18; L od V	91 bis 600	20,1 bis 24,8	Two Stroke / Four Stroke
420 bis 600	475 bis 2000	4 bis 18; L od V	110 bis 800	10,4 bis 12,4	Two Stroke / Four Stroke
170 bis 410	210 bis 1050	4 bis 20; L od V	250 bis 2150	3,0 bis 4,8	Four Stroke

Configuration L: in-line; V: Vee-Type; H: Horizontal; O: Opposed



Figur 10 DME als Brennstoff für INCOX 100 Antriebsaggregat für Schiffe



Figur 11 INCOX 100
Two Stroke Diesel Engine
als Antriebsaggregat zur
Stromerzeugung