(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 523937 A4 2022-01-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 51129/2020
(22) Anmeldetag: 22.12.2020
(43) Veröffentlicht am: 15.01.2022

(51) Int. Cl.: ***C10J 3/14*** (2006.01)
C10J 3/62 (2006.01)
F23G 5/04 (2006.01)
F23G 7/00 (2006.01)

(30) Priorität:
10.08.2020 AT A 50670/2020 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
EP 2522708 A2
US 8198493 B1
CN 110746070 A
CN 102607041 A
WO 2014128357 A1

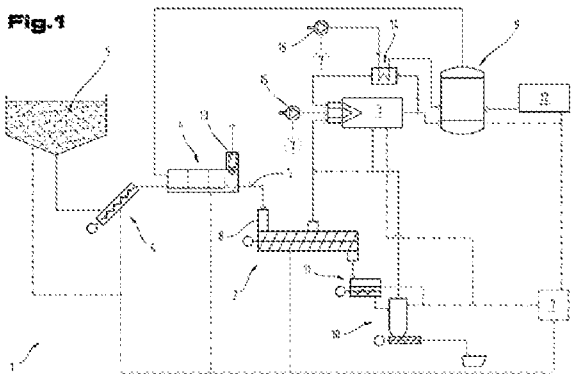
(71) Patentanmelder:
Next Generation Elements GmbH
4101 Feldkirchen an der Donau (AT)

(72) Erfinder:
Hackl Andreas Dr. techn.
4810 Gmunden (AT)

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

(54) Verfahren zur physikalischen und thermo-chemischen Behandlung von Biomasse

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur physikalischen und thermo-chemischen Behandlung von Biomasse (5) bei dem der Biomasse (5) in einer Trocknungsvorrichtung (4) deren Feuchtigkeitsgehalt reduziert und weiters beim Trocknungsvorgang aus der Biomasse (5) Ammoniak (NH_3) freigesetzt wird. Die getrocknete Biomasse (5) wird nachfolgend entweder in einem Pyrolyse-Reaktor (2) pyrolysiert und das Pyrolysegas an eine Brennvorrichtung (3) weitergeleitet und in dieser zu Rauchgas verbrannt, oder in einer Verbrennungs-Anlageneinheit (17) zum Rauchgas verbrannt, welches jeweils einer Zumischvorrichtung (9) zugeleitet wird. Dem Rauchgas wird in der Zumischvorrichtung (9) Sauerstoff (O_2) zudosiert und als Trocknungsgas der Trocknungsvorrichtung (4) direkt zugeleitet. Beim Hindurchleiten des Trocknungsgases durch die Trocknungsvorrichtung (4) reagiert das im Trocknungsgas enthaltene Schwefeldioxid (SO_2) und/oder das Schwefeltrioxid (SO_3) mit dem Ammoniak (NH_3) chemisch zu Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$) und/oder Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$).



AT 523937 A4 2022-01-15

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur physikalischen und thermo-chemischen Behandlung von Biomasse (5) bei dem der Biomasse (5) in einer Trocknungsvorrichtung (4) deren Feuchtigkeitsgehalt reduziert und weiters beim Trocknungsvorgang aus der Biomasse (5) Ammoniak (NH_3) freigesetzt wird. Die getrocknete Biomasse (5) wird nachfolgend entweder in einem Pyrolyse-Reaktor (2) pyrolysiert und das Pyrolysegas an eine Brennvorrichtung (3) weitergeleitet und in dieser zu Rauchgas verbrannt, oder in einer Verbrennungs-Anlageneinheit (17) zum Rauchgas verbrannt, welches jeweils einer Zumischvorrichtung (9) zugeleitet wird. Dem Rauchgas wird in der Zumischvorrichtung (9) Sauerstoff (O_2) zudosiert und als Trocknungsgas der Trocknungsvorrichtung (4) direkt zugeleitet. Beim Hindurchleiten des Trocknungsgases durch die Trocknungsvorrichtung (4) reagiert das im Trocknungsgas enthaltene Schwefeldioxid (SO_2) und/oder das Schwefeltrioxid (SO_3) mit dem Ammoniak (NH_3) chemisch zu Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$) und/oder Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$).

Fig. 1

Die Erfindung betrifft ein kombiniertes Verfahren zur physikalischen und thermochemischen Behandlung von Biomasse, insbesondere von organischen Abfallprodukten wie Schlämme aus Kläranlagen, Biogasanlagen, Schlachtbetrieben, land- und forstwirtschaftlichen Betrieben, der Tierhaltung, Lebensmittelindustrie, Papierindustrie, der chemischen Industrie.

Die DE 10 2008 028 241 A1 beschreibt eine Vorrichtung zur thermo-chemischen Umwandlung von Biomasse in ein Brenngas. Die Vorrichtung besteht dabei aus einem Schneckenreaktor und einem weiteren Reaktor. Im Schneckenreaktor wird die Biomasse unter Luftausschluss getrocknet und pyrolysiert, wobei der dabei entstehende Pyrolysekoks, das Pyrolysegas und Wasserdampf gemeinsam dem weiteren Reaktor zugeleitet werden und dieser unter Ausbildung einer Pyrolysekoksschüttung gefüllt wird. Im weiteren Reaktor findet eine partielle Oxidation durch unterstöchiometrische Zugabe eines Vergasungsmittels, insbesondere Luft, statt. Dabei findet zumindest teilweise eine Aufspaltung der langkettigen Teermoleküle statt. Die Reststoffe werden mittels einer Abzugseinrichtung aus dem weiteren Reaktor unten abgezogen. Um ein Verstopfen von Einlassöffnungen für das Vergasungsmittel und/oder Auslassöffnungen für das Brenngas im Bereich der Reaktorwandung zu verhindern, sind eine Vielzahl von sich in Schwerkraftrichtung zumindest partiell erstreckende Innenraumerweiterungen vorgesehen. Das entstandene Brenngas wird über die eigenen Auslassöffnungen einem Gasfilter und einem Gaskühler zugeleitet. Das aus dem Ausgang des Gaskühlers strömende, gereinigte Brenngas wird dann, beispielsweise einem Gasmotor zugeleitet. Die im Gasmotor entstehende elektrische Energie kann ins Versorgungsnetz eingespeist werden, wobei die ebenfalls entstehende Wärme auch der Beheizung des vorgenannten Schneckenreaktors dienen kann.

Die DE 10 2010 049 339 A1 beschreibt eine Vorrichtung und ein Verfahren für die Trocknung von Gütern in einem Schleuderwellentrockner. Das zu trocknende Gut wird in Durchtrittsrichtung durch den Trockner in aufeinanderfolgend angeordnete und mittels mobiler Trennwände unterteilte Segmente nacheinander weitergefördert. Die zugeleitete Trocknungsluft kann entweder durch im Bereich der Trennwände vorgesehene Verbindungsöffnungen durch die Trocknungskammer hindurchströmen oder jedem der Segmente zugeleitet und auch wieder abgeleitet werden. Zur Trocknung können auch Rauchgase direkt genutzt werden, wobei diese aus einer externen Brennkammer stammen. Dabei kann es sich um einen konventionellen Öl- oder Gas-Brenner handeln. Es kann aber auch ein Biomasse-Brenner für Pellets eingesetzt werden, wie dieser in der DE 203 21 670 U1 beschrieben ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur physikalischen und thermo-chemischen Behandlung von Biomasse zur Verfügung zu stellen, mittels dem eine Reduzierung oder Vermeidung von Problemstoffen ohne dem Einsatz von Zusatzmitteln und eine höhere Energieeffizienz beim Betrieb der gesamten Behandlungsanlage möglich ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß den Ansprüchen gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist zur physikalischen und thermo-chemischen Behandlung von Biomasse, insbesondere von organischen Abfallprodukten in einer Behandlungsanlage vorgesehen. Bei den organischen Abfallprodukten handelt es sich bevorzugt um die unterschiedlichsten Schlämme aus Kläranlagen, Schlachtbetrieben, land- und forstwirtschaftlichen Betrieben, der Tierhaltung, Lebensmittelindustrie, Papierindustrie und der chemischen Industrie. Zur Durchführung des Verfahrens sind folgende Schritte durchzuführen:

- Bereitstellen der zu behandelnden Biomasse,
- Bereitstellen einer Trocknungsvorrichtung,
- Bereitstellen zumindest eines Pyrolyse-Reaktors,
- Bereitstellen zumindest einer Brennvorrichtung,
- Bereitstellen zumindest einer Zumischvorrichtung,
- Zuführen der bereitgestellten und zu behandelnden Biomasse in die

Trocknungsvorrichtung, wobei die in der Biomasse enthaltene Feuchtigkeit reduziert und weiters beim Trocknungsvorgang aus der Biomasse Ammoniak (NH_3) freigesetzt wird,

- Abgeben der zu behandelnden Biomasse aus der Trocknungsvorrichtung,
- Zuführen der zu behandelnden Biomasse in den Pyrolyse-Reaktor,
- Pyrolysieren der Biomasse im Pyrolyse-Reaktor und dabei thermische Zersetzung der Biomasse in Pyrolysekoks und Pyrolysegas,
- Abführen des Pyrolysekokses und Ableiten des Pyrolysegases aus dem Pyrolyse-Reaktor,
- Zuleiten des aus dem Pyrolyse-Reaktor abgeleiteten Pyrolysegases in die Brennvorrichtung und Verbrennen des Pyrolysegases unter Bildung eines Rauchgases,
- Ableiten des Rauchgases aus der Brennvorrichtung und Zuleiten des Rauchgases in die Zumischvorrichtung,
- Zudosieren von Sauerstoff (O_2) und/oder zumindest eines Sauerstoff (O_2) enthaltenden Gases zum Rauchgas in der Zumischvorrichtung und Bildung eines Trocknungsgases, welches Trocknungsgas unter anderem Schwefeldioxid (SO_2) und/oder Schwefeltrioxid (SO_3) jeweils in einem gasförmigen Aggregatzustand enthält,
- Ableiten des Trocknungsgases aus der Zumischvorrichtung und Zuleiten des Trocknungsgases in die Trocknungsvorrichtung,
- Hindurchleiten des Trocknungsgases durch die Trocknungsvorrichtung, wobei das im Trocknungsgas unter anderem enthaltene Schwefeldioxid (SO_2) und/oder das Schwefeltrioxid (SO_3) mit dem Ammoniak (NH_3) chemisch zu Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$) und/oder Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$) reagiert.

Vorteilhaft ist bei den hier gewählten Verfahrensschritten, dass das aus der Brennvorrichtung abgeleitete Rauchgas direkt nach dem Zudosieren von einem gewissen Volumenanteil an Sauerstoff oder einem Sauerstoff enthaltenden Gases als sogenanntes Trocknungsgas der Trocknungsvorrichtung zugeleitet wird. So wird die im Rauchgas enthaltene Wärmeenergie samt dem oder den jeweiligen darin enthaltenen Schwefel-Oxiden in der Trocknungsvorrichtung verwendet. Damit wird

die Zugabe zumindest eines eigenen Zusatzstoffes in der Trocknungsvorrichtung vermieden, um den beim Trocknungsvorgang entstehenden oder freigesetzten Ammoniak zu binden, damit dieser nicht gesondert zu behandeln oder zu filtern ist, bevor das Trocknerabgas oder die Trocknerabluft an die Umgebung abgegeben wird. Weiters wird damit aber eine zusammengehörige, kompakte Behandlungsanlage geschaffen, bei welcher keine zusätzlichen Anlagenkomponenten für die Bereitstellung des Trocknungsgases, wie z.B. ein Blockheizkraftwerk oder andere Verbrennungsanlagen, für den Dauerbetrieb erforderlich sind. Bevorzugt erfolgt die Durchführung der Verfahrensschritte in der zuvor angeführten Reihenfolge.

Weiters ist ein Vorgehen vorteilhaft, bei dem das Trocknungsgas in der Zumischvorrichtung auf einen Temperaturwert verbracht wird, der aus einem Temperatur-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 100°C, insbesondere 300°C, und dessen obere Grenze 700 °C, insbesondere 500 °C, beträgt. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, das Rauchgas durch die Zudosierung von zumeist kühlerer Umgebungsluft auf jenen Temperaturwert oder Temperatur-Wertebereich zu verbringen, welcher für den Einsatz in der Trocknungsvorrichtung erforderlich ist, um einen ordnungsgemäßen Trocknungsvorgang durchführen zu können.

Eine weitere vorteilhafte Vorgehensweise ist dadurch gekennzeichnet, dass das Trocknungsgas in der Zumischvorrichtung durch das Zudosieren des Sauerstoffs (O_2) und/oder zumindest des den Sauerstoff (O_2) enthaltenden Gases auf einen Sauerstoffgehalt verbracht wird, der aus einem Sauerstoffgehalt-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 6 Vol.%, insbesondere 15 Vol.%, und dessen obere Grenze 20 Vol.%, insbesondere 17 Vol.%, beträgt. Durch die Festlegung, insbesondere die Absenkung, des Sauerstoffgehalts in dem aus der Zumischvorrichtung abgegebenen Trocknungsgas kann in der Trocknungsvorrichtung eine Trocknungsatmosphäre erreicht werden, welche die Gefahr eines Brandes und/oder einer Explosion hintanhält. Bei dem Trocknungsvorgang bilden sich unter anderem Staubpartikel, welche infolge der nicht unerheblich hohen Trocknungstem-

peratur zu einer Staubexplosion führen können. Damit können gesetzlich vorgeschriebene Vorgaben eingehalten werden, da die Trocknungstemperatur auf einem kritischen Niveau liegt.

Vorteilhaft ist auch eine Verfahrensvariante, bei welcher der Zumischvorrichtung ein aus einem Blockheizkraftwerk stammendes weiteres Rauchgas zugeleitet wird. Damit kann in einer möglichen Kombination eine noch größerer Menge an Trocknungsgas zur Trocknung der Biomasse in der Trocknungsvorrichtung bereitgestellt werden. So kann ein noch besserer oder höherer Trocknungsgrad der Biomasse erzielt werden, um nachfolgend im Pyrolyse-Reaktor eine raschere Behandlung durchführen zu können. Damit kann eine noch bessere Energieeffizienz erzielt werden.

Weiters ist ein Vorgehen vorteilhaft, bei dem das weitere Rauchgas mit einem Temperaturwert der Zumischvorrichtung zugeleitet wird, der aus einem Temperatur-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 100°C, insbesondere 200°C, und dessen obere Grenze 500 °C, insbesondere 300 °C, beträgt. Damit kann in Kombination mit dem aus der Brennvorrichtung zugeleiteten Rauchgas, welches aus der Verbrennung zumindest des Pyrolysegases stammt, einfacher ein vorbestimmtes Temperaturniveau des Trocknungsgases erzielt werden.

Eine weitere vorteilhafte Vorgehensweise ist dadurch gekennzeichnet, dass von dem aus der Brennvorrichtung abgeleiteten Rauchgas eine Teilmenge vor dem Zuleiten in die Zumischvorrichtung abgezweigt wird, diese Teilmenge des Rauchgases durch einen Wärmetauscher hindurchgeleitet und die Rauchgastemperatur reduziert wird und nachfolgend das abgezweigte Rauchgas der Brennvorrichtung zur Verbrennung zugeleitet wird. Damit kann ein gewisses Ausmaß an Wärmeenergie für einen zusätzlichen Erwärmungsvorgang bereitgestellt werden. Darüber hinaus kann so durch die Rückleitung zur Brennvorrichtung und dem Verbrennungsvorgang weitere Wärmeenergie erzeugt werden.

Vorteilhaft ist auch eine Verfahrensvariante, bei welcher Umgebungsluft als das den Sauerstoff (O_2) enthaltende Gas durch den Wärmetauscher hindurchgeleitet und die Temperatur mittels des hindurchgeleiteten Rauchgases erhöht wird und

nachfolgend die Umgebungsluft der Zumischvorrichtung zugeleitet und dem Rauchgas zudosiert wird. Damit kann die im abgezweigten Rauchgas enthaltene Wärmeenergie zur Temperierung der Umgebungsluft, welche der Zumischvorrichtung zugeleitet wird, übertragen werden. Weiters kann damit aber auch durch das rückgeleitete Rauchgas eine Temperaturkontrolle in der Brennkammer der Brennvorrichtung durch die Temperaturreduzierung erzielt werden.

Eine andere Vorgehensweise zeichnet sich dadurch aus, wenn der aus dem Pyrolyse-Reaktor abgeführte Pyrolysekoks einer bereitgestellten Koksbehandlungsvorrichtung zugeführt und in der Koksbehandlungsvorrichtung in ein festes, insbesondere rieselfähiges, Rückstandsprodukt und in ein Koksabgas weiter zersetzt wird. Damit kann eine weitere zusätzliche Behandlung der bereits im Pyrolyse-Reaktor behandelten Biomasse durchgeführt werden. So wird eine noch intensivere und umfassendere Behandlung in einem Zweistufenprozess ermöglicht. So kann je nach gewählter Biomasse, insbesondere von organischen Abfallprodukten, eine Rückgewinnung des darin enthaltenen Wertstoffes, insbesondere von Phosphor oder Phosphorverbindungen, Phosphaten, Kalium, Calcium, Magnesium oder dergleichen, noch besser erzielt werden.

Weiters ist ein Vorgehen vorteilhaft, bei dem das Rückstandsprodukt räumlich getrennt vom Koksabgas aus der Koksbehandlungsvorrichtung abgeführt wird. Damit kann ein zusätzliches, in der Brennvorrichtung verwendbares Gas bereitgestellt werden, um so die Energieeffizienz noch zusätzlich zu erhöhen.

Eine weitere vorteilhafte Vorgehensweise ist dadurch gekennzeichnet, dass das aus der Koksbehandlungsvorrichtung abgeleitete Koksabgas der Brennvorrichtung zugeleitet und das Koksabgas in der Brennvorrichtung unter Bildung des Rauchgases verbrannt und aus dieser ebenfalls abgeleitet wird. Damit kann eine noch höhere Wärmeenergie in der Brennvorrichtung bereitgestellt werden.

Vorteilhaft ist auch eine Verfahrensvariante, bei welcher das Pyrolysegas und das Koksabgas voneinander getrennt der Brennvorrichtung zugeleitet werden. Durch die voneinander getrennte Zufuhr des Pyrolysegases und des Koksabgases in die

Brennvorrichtung kann so eine noch vollständigere und bessere Verbrennung erzielt werden, wodurch die Wärmeauskopplung zusätzlich entsprechend erhöht werden kann.

Eine andere Vorgehensweise zeichnet sich dadurch aus, wenn das Pyrolysegas und das Koksabgas gemeinsam der Brennvorrichtung zugeleitet werden. Damit kann bereits vor dem Zuleiten der beiden Gase in die Brennvorrichtung eine gewisse Durchmischung erzielt werden.

Eine weitere vorteilhafte Vorgehensweise ist dadurch gekennzeichnet, dass das in der Trocknungsvorrichtung gebildete Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$) und/oder das Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$) gemeinsam mit der getrockneten Biomasse dem Pyrolyse-Reaktor zugeführt werden oder wird. So kann ein nachfolgender gemeinsamer Behandlungsvorgang im Pyrolyse-Reaktor durchgeführt werden.

Die Aufgabe der Erfindung, nämlich einen physikalischen und thermo-chemischen Behandlungsprozess der Biomasse zur Verfügung zu stellen und dabei eine Reduzierung oder Vermeidung von Problemstoffen ohne dem Einsatz von Zusatzmitteln und eine höhere Energieeffizienz beim Betrieb der gesamten Behandlungsanlage zu ermöglich, wird durch ein weiteres Verfahren gemäß den dort angegebenen Verfahrensschritten gegebenenfalls für sich eigenständig und unabhängig gelöst.

Das weitere Verfahren ist ebenfalls zur physikalischen und thermo-chemischen Behandlung von Biomasse, insbesondere von organischen Abfallprodukten in einer Behandlungsanlage vorgesehen. Bei den organischen Abfallprodukten handelt es sich bevorzugt um die unterschiedlichsten Schlämme aus Kläranlagen, Schlachtbetrieben, land- und forstwirtschaftlichen Betrieben, der Tierhaltung, Lebensmittelindustrie, Papierindustrie und der chemischen Industrie. Zur Durchführung des Verfahrens sind folgende Schritte durchzuführen:

- Bereitstellen der zu behandelnden Biomasse,
- Bereitstellen einer Trocknungsvorrichtung,
- Bereitstellen einer Verbrennungs-Anlageneinheit mit zumindest einem Verbrennungs-Reaktor,

- Bereitstellen zumindest einer Zumischvorrichtung,
- Zuführen der bereitgestellten und zu behandelnden Biomasse in die Trocknungsvorrichtung, wobei die in der Biomasse enthaltene Feuchtigkeit reduziert und weiters beim Trocknungsvorgang aus der Biomasse Ammoniak (NH3) freigesetzt wird,
- Abgeben der zu behandelnden Biomasse aus der Trocknungsvorrichtung,
- Zuführen der zu behandelnden Biomasse in den zumindest einen Verbrennungs-Reaktor,
- Verbrennen der Biomasse im zumindest einen Verbrennungs-Reaktor und dabei oxidative Umsetzung der Biomasse in ein Verbrennungsprodukt und Rauchgas,
- Abführen des Verbrennungsprodukts und Ableiten des Rauchgases aus dem zumindest einen Verbrennungs-Reaktor,
- Zuleiten des Rauchgases in die Zumischvorrichtung,
- Zudosieren von Sauerstoff (O_2) und/oder zumindest eines Sauerstoff (O_2) enthaltenden Gases zum Rauchgas in der Zumischvorrichtung und Bildung eines Trocknungsgases, welches Trocknungsgas unter anderem Schwefeldioxid (SO_2) und/oder Schwefeltrioxid (SO_3) jeweils in einem gasförmigen Aggregatzustand enthält,
- Ableiten des Trocknungsgases aus der Zumischvorrichtung und Zuleiten des Trocknungsgases in die Trocknungsvorrichtung,
- Hindurchleiten des Trocknungsgases durch die Trocknungsvorrichtung, wobei das im Trocknungsgas unter anderem enthaltene Schwefeldioxid (SO_2) und/oder das Schwefeltrioxid (SO_3) mit dem Ammoniak (NH_3) chemisch zu Ammoniumsulfit ($(NH4)_2SO_3$) und/oder Ammoniumsulfat ($(NH_4)2SO_4$) reagiert.

Weiters ist ein Vorgehen vorteilhaft, bei dem die Verbrennungs-Anlageneinheit aus mehreren Verbrennungs-Reaktoren gebildet wird und dass das jeweils bei der Verbrennung in diesen gebildete Rauchgas der Zumischvorrichtung zugeleitet wird. Damit kann insgesamt der Mengendurchsatz erhöht werden, um nachfolgend

an die Trocknungsvorrichtung eine ausreichend hohe Masse oder Menge verbrennen zu können. Damit kann in der Trocknungsvorrichtung mit einem niedrigeren Trockungsgrad das Auslangen gefunden werden.

Eine weitere vorteilhafte Vorgehensweise ist dadurch gekennzeichnet, dass das Trocknungsgas in der Zumischvorrichtung auf einen Temperaturwert verbracht wird, der aus einem Temperatur-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 100°C, insbesondere 300°C, und dessen obere Grenze 700 °C, insbesondere 500 °C, beträgt. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, das Rauchgas durch die Zudosierung von zumeist kühlerer Umgebungsluft auf jenen Temperaturwert oder Temperatur-Wertebereich zu verbringen, welcher für den Einsatz in der Trocknungsvorrichtung erforderlich ist, um einen ordnungsgemäßen Trocknungsvorgang durchführen zu können.

Vorteilhaft ist auch eine Verfahrensvariante, bei welcher das Trocknungsgas in der Zumischvorrichtung durch das Zudosieren des Sauerstoffs (O_2) und/oder zumindest des den Sauerstoff (O_2) enthaltenden Gases auf einen Sauerstoffgehalt verbracht wird, der aus einem Sauerstoffgehalt-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 6 Vol.%, insbesondere 15 Vol.%, und dessen obere Grenze 20 Vol.%, insbesondere 17 Vol.%, beträgt. Durch die Festlegung, insbesondere die Absenkung, des Sauerstoffgehalts in dem aus der Zumischvorrichtung abgegebenen Trocknungsgas kann in der Trocknungsvorrichtung eine Trocknungsatmosphäre erreicht werden, welche die Gefahr eines Brandes und/oder einer Explosion hintanhält. Bei dem Trocknungsvorgang bilden sich unter anderem Staubpartikel, welche infolge der nicht unerheblich hohen Trocknungstemperatur zu einer Staubexplosion führen können. Damit können gesetzlich vorgeschriebene Vorgaben eingehalten werden, da die Trocknungstemperatur auf einem kritischen Niveau liegt.

Eine andere Vorgehensweise zeichnet sich dadurch aus, wenn von dem aus der Verbrennungs-Anlageneinheit abgeleiteten Rauchgas eine Teilmenge vor dem Zuleiten in die Zumischvorrichtung abgezweigt wird, diese Teilmenge des Rauchgases durch einen Wärmetauscher hindurchgeleitet und die Rauchgastemperatur reduziert wird und nachfolgend das abgezweigte Rauchgas der Verbrennungs-Anlageneinheit zur Verbrennung zugeleitet wird. Damit kann ein gewisses Ausmaß an

Wärmeenergie für einen zusätzlichen Erwärmungsvorgang bereitgestellt werden. Darüber hinaus kann so durch die Rückleitung zur Verbrennungs-Anlageneinheit mit deren zumindest einen Verbrennungs-Reaktor und dem Verbrennungsvorgang weitere Wärmeenergie erzeugt werden.

Weiters ist ein Vorgehen vorteilhaft, bei dem Umgebungsluft als das den Sauerstoff (O_2) enthaltende Gas durch den Wärmetauscher hindurchgeleitet und die Temperatur mittels des hindurchgeleiteten Rauchgases erhöht wird und nachfolgend die Umgebungsluft der Zumischvorrichtung zugeleitet und dem Rauchgas zudosiert wird. Damit kann die im abgezweigten Rauchgas enthaltene Wärmeenergie zur Temperierung der Umgebungsluft, welche der Zumischvorrichtung zugeleitet wird, übertragen werden. Weiters kann damit aber auch durch das rückgeleitete Rauchgas eine Temperaturkontrolle in der oder den Brennkammern der Verbrennungs-Anlageneinheit durch die Temperaturreduzierung erzielt werden.

Schließlich ist eine weitere vorteilhafte Vorgehensweise dadurch gekennzeichnet, dass das in der Trocknungsvorrichtung gebildete Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$) und/oder das Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$) gemeinsam mit der getrockneten Biomasse der Verbrennungs-Anlageneinheit zugeführt werden oder wird. So kann ein nachfolgender gemeinsamer Behandlungsvorgang in der Verbrennungs-Anlageneinheit durchgeführt werden.

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

Es zeigt in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 ein erstes Anlagenschema einer Behandlungsanlage mit angedeuteten Anlagenkomponenten;

Fig. 2 ein zweites mögliches Anlagenschema einer Behandlungsanlage mit angedeuteten Anlagenkomponenten.

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

Der Begriff „insbesondere“ wird nachfolgend so verstanden, dass es sich dabei um eine mögliche speziellere Ausbildung oder nähere Spezifizierung eines Gegenstands oder eines Verfahrensschritts handeln kann, aber nicht unbedingt eine zwingende, bevorzugte Ausführungsform desselben oder eine zwingende Vorgehensweise darstellen muss.

In ihrer vorliegenden Verwendung sollen die Begriffe „umfassend”, „weist auf“, „aufweisend“, „schließt ein“, „einschließlich“, „enthält“, „enthaltend“ und jegliche Variationen dieser eine nicht ausschließliche Einbeziehung abdecken.

Als weiterer Begriff wird auch noch „wahlweise“ verwendet. Darunter wird verstanden, dass dieser Verfahrensschritt grundsätzlich vorhanden ist, jedoch je nach Einsatzbedingungen eingesetzt werden kann, dies jedoch nicht zwingend erfolgen muss.

In den beiden Fig. 1 und 2 ist jeweils ein Anlagenschema gezeigt, wobei mittels zueinander unterschiedlicher Anlagenkomponenten jeweils das Rauchgas gebildet werden kann, welches nachfolgend zur Trocknung der zu behandelnden Biomasse eingesetzt wird. Es unterscheiden sich lediglich jene Anlagenkomponenten, mittels welcher das Rauchgas gebildet wird. Aus dem Rauchgas wird nachfolgend das Trocknungsgas gebildet. Die jeweiligen möglichen Anlagenkomponenten sowie Verfahrensschritte werden nachfolgend detailliert beschrieben.

Es ist jeweils ein kombiniertes Verfahren zur physikalischen und thermo-chemischen Behandlung der Biomasse vorgesehen. Unter dem Begriff der thermo-chemischen Behandlung werden sowohl direkte als auch indirekte Verfahren verstanden. Bei den direkten Verfahren erfolgt eine Verbrennung der Biomasse, wobei bei den indirekten Verfahren eine Pyrolyse oder eine Vergasung der Biomasse durchgeführt wird.

Einleitend werden kurz die Unterschiede der möglichen Behandlungsverfahren in Bezug auf den dabei eingesetzten Anteil an Sauerstoff und dem Verbrennungsluft-Verhältnis des Brennstoff-Sauerstoff (Luft)-Gemisches und dem Lambda-Wert erläutert. Der Lambda-Wert ist eine dimensionslose Kennzahl aus der Verbrennungslehre, die das Massenverhältnis von Sauerstoff (Luft) zu Brennstoff relativ zum jeweils stöchiometrisch idealen Verhältnis für einen theoretisch vollständigen Verbrennungsprozess angibt. Aus dieser Kennzahl lassen sich Rückschlüsse auf den Verbrennungs-verlauf, Temperaturen, Schadstoffentstehung und den Wirkungsgrad ziehen.

Die Pyrolyse wird üblicher Weise bei einem Sauerstoffanteil von 0% und und damit einem Lambda-Wert von 0 ($\lambda=0$= durchgeführt. Es kann in gewissen Fällen jedoch ein ganz minimaler Anteil an Sauerstoff von ganz wenigen Prozent auch bei der Pyrolyse vorhanden sein.

Bei der Vergasung handelt es sich um ein Mittelding zwischen der Pyrolyse und der Verbrennung. Die Vergasung charakterisiert üblicherweise eine unterstöchiometrische thermo-chemische oxidative Umsetzung unter Bildung eines synthetisch brennbaren Gases mit einem Lambda-Wert von größer als 0 und kleiner als 1 ($0<\lambda< 1$).

Die Verbrennung erfodert je nach zu verbrennendem Material einen so hohen Sauerstoffanteil, dass der Lambda-Wert zumindest gleich 1 ist oder größer als 1 ist ($\lambda\geq1$). Zumeist oder bevorzugt wird bei der Verbrennung jedoch mehr an Sauerstoff (O_2) zugeleitet oder bereitgestellt, als für die oxidative Umsetzung der Organik notwendig oder erforderlich wäre.

In der Fig. 1 ist ein Anlagenschema einer Behandlungsanlage 1 vereinfacht und stark stilisiert gezeigt, welche zumindest einen Pyrolyse-Reaktor 2, zumindest eine Brennvorrichtung 3 und zumindest eine Trocknungsvorrichtung 4 für eine zu behandelnde Biomasse 5 umfasst.

Die Behandlungsanlage 1 ist grundsätzlich dazu vorgesehen, in einem thermochemischen Behandlungsverfahren oder thermo-chemischen Behandlungsvorgang die Biomasse 5 zu behandeln. Die Behandlung der Biomasse 5 erfolgt in einem kombinierten Verfahren, nämlich mittels einer physikalischen Behandlung und der thermo-chemischen Behandlung. Als sogenannte Biomasse 5 werden hier insbesondere organische Abfallprodukte verstanden. Zu den organischen Abfallprodukten zählen unter anderem Schlämme oder schlammartige Stoffe aus Kläranlagen, Schlachtbetrieben, landwirtschaftlichen Betrieben, der Tierhaltung, Lebensmittelindustrie, Papierindustrie und der chemischen Industrie. Dabei kann es sich z.B. um Klärschlamm, Schlachtabfälle, Tiermehl, Exkremente und vieles mehr handeln. Unter dem Begriff der Biomasse 5 werden sämtliche Massen verstanden oder darunter impliziert, wo organische Verbindungen in komplexer oder weniger komplexer Form enthalten sind oder darin vorkommen. Um die Behandlung der Biomasse 5 durchführen zu können, müssen z.B. die Schlämme organische, thermisch umsetzbare Verbindungen beinhalten.

Ein möglicher Aspekt der Erfindung kann in der wirtschaftlichen Behandlung der Biomasse und der Rückgewinnung von zumindest einem in der Biomasse 5 enthaltenen Wertstoff liegen. Der Wertstoff kann z.B. Phosphor (P) oder eine Phosphorverbindung wie z.B. P_2O_5, Kalium, Calcium, Magnesium oder dergleichen sein. Ein weiterer möglicher Aspekt der Erfindung kann in der Reduzierung oder Vermeidung von Problemstoffen und der Energieeffizienz der gesamten Behandlungsanlage 1 liegen.

Je nach Art und Zusammensetzung der Biomasse 5 wurde diese bislang unterschiedlichst entsorgt oder weiterverarbeitet. Eine erste Möglichkeit stellt die thermische Verwertung durch Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen, einem Zementwerk oder ähnlichen Anlagen dar. Eine weitere Möglichkeit, insbesondere bei

Klärschlamm, ist die landwirtschaftliche Ausbringung auf den Feldern. Dabei werden jedoch alle im Klärschlamm mit enthaltenen Schadstoffe, Mikroplastik und dergleichen auf den Feldern verteilt und kommen so auch ins Grundwasser. Schließlich kann auch eine Kompostierung oder Vererdung erfolgen.

Von der Biomasse 5 kann zumindest ein Mengenanteil derselben, insbesondere jedoch die gesamte Menge der zu behandelnden Biomasse 5, vor dem Zuführen in die Trocknungsvorrichtung 4 und in weiterer Folge in den Pyrolyse-Reaktor 2 in einer Entwässerungsvorrichtung 6 auf einen Feuchtigkeitswert entwässert werden, der aus einem Feuchtigkeits-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 70 Gew.%, insbesondere 80 Gew.%, und dessen obere Grenze 95 Gew.%, insbesondere 90 Gew.%, bezogen auf die Gesamtmasse der Biomasse 5 beträgt.

Unabhängig von diesem Entwässerungsschritt oder zusätzlich zu diesem Entwässerungsschritt wird zumindest ein Mengenanteil der zu behandelnden Biomasse 5, insbesondere jedoch die gesamte Menge der zu behandelnden Biomasse 5, vor dem Zuführen in den Pyrolyse-Reaktor 2 in der Trocknungsvorrichtung 4 auf einen Feuchtigkeitswert getrocknet, der aus einem Feuchtigkeits-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 3 Gew.%, insbesondere 5 Gew.%, und dessen obere Grenze 20 Gew.%, insbesondere 10 Gew.%, beträgt. Bevorzugt wird jedoch die gesamte Menge der zu behandelnden Biomasse 5 der Vortrocknung unterzogen. Sind sowohl die Entwässerungsvorrichtung 6 als auch die Trocknungsvorrichtung 4 vorgesehen, können diese gemeinsam eine Trocknungsanlage bilden.

Die zu behandelnde Biomasse 5 wird bevorzugt mit der zuvor beschriebenen Feuchtigkeits-Reduzierung und/oder ohne der zuvor beschriebenen Feuchtigkeits-Reduzierung, dem Pyrolyse-Reaktor 2 zugeführt. Dabei ist es noch möglich, den Massestrom der dem Pyrolyse-Reaktor 2 zugeführten Biomasse 5 zu ermitteln und gegebenenfalls in einer Steuerungsvorrichtung 7 abzuspeichern oder zu hinterlegen.

Die Steuerungsvorrichtung 7 dient auch dazu, den gesamten Ablauf der Biomassebehandlung von deren Anlieferung bis zum Ende des gesamten Behandlungsablaufes zu überwachen und alle Anlagenteile oder Anlagenkomponenten

nach vorgegebenen Prozessschritten zu steuern. Die jeweiligen Kommunikationsverbindungen zwischen der Steuerungsvorrichtung 7 und den einzelnen Anlagenteilen oder Anlagenkomponenten sind in strichlierten Linien angedeutet. Das Zuführen der Biomasse 5 in den Pyrolyse-Reaktor 2 kann mittels eines Schleusensystems 8, wie z.B. einer Vertikaldrehschleuse, in bevorzugter gasdichter Weise erfolgen.

Ist die vorgetrocknete Biomasse 5 dem Pyrolyse-Reaktor 2 zugeführt worden, findet in diesem die thermo-chemische Umwandlung bzw. Behandlung der Biomasse 5 statt, welche als Pyrolysierungs-Vorgang bezeichnet werden kann. Hier findet eine thermische Zersetzung der Biomasse 5 in Pyrolysekoks und Pyrolysegas jeweils mit den unterschiedlichsten Bestandteilen statt. Der Pyrolysekoks stellt überwiegend eine Feststofffraktion dar, welche auch als Carbonisat bezeichnet werden kann.

Der Pyrolyse-Reaktor 2 kann z.B. als Schneckenreaktor ausgebildet sein, in welchem die thermische Zersetzung der Biomasse 5 bei einer Temperatur in einem Temperaturbereich zwischen 400 °C, insbesondere 450 °C, und 600 °C, insbesondere 550 °C, erfolgt. Dieser Vorgang erfolgt bei Sauerstoff reduzierten Bedingungen bei einer Verweilzeit zwischen 20 und 30 min. Es kann eine geringe Sauerstoffkonzentration von kleiner 5% im Pyrolyse-Reaktor 2 vorliegen.

Bei dem entstehenden Pyrolysegas handelt es sich zumeist um ein Öl-/Gasgemisch ggf. mit staubförmigen Anteilen. Nach erfolgter Behandlung der Biomasse 5 im Pyrolyse-Reaktor 2 wird der dabei entstandene Pyrolysekoks und das Pyrolysegas bevorzugt räumlich voneinander getrennt aus dem Pyrolyse-Reaktor 2 abgeführt oder abgeleitet, wie dies im vorliegenden Ausführungsbeispiel gezeigt ist. Es kann auch eine gemeinsame Ableitung aus dem Pyrolyse-Reaktor 2 und spätere oder nachfolgende Trennung erfolgen.

Das im Pyrolyse-Reaktor 2 aus der Biomasse 5 entstehende Pyrolysegas wird seinerseits in die Brennvorrichtung 3 geleitet, wobei das Pyrolysegas unter Bildung eines Rauchgases in der Brennvorrichtung 3 verbrannt wird. Das dabei entstehende oder gebildete Rauchgas wird aus der Brennvorrichtung 3 abgeleitet und

einer eigenen nachfolgend befindlichen oder angeordneten Zumischvorrichtung 9 zugeleitet. Das Verbrennungsprodukt „Rauchgas“ weist zumeist noch einen Restanteil an Sauerstoff (O_2) auf, wobei der Sauerstoffgehalt im Rauchgas in etwa bis zu 5 Vol.% betragen kann.

Die Zumischvorrichtung 9 kann unter anderem eine Mischkammer umfassen, in welche zusätzlich zu dem aus der Brennvorrichtung 3 stammenden Rauchgas zumindest ein Sauerstoff enthaltendes Gas, wie z.B. Umgebungsluft und/oder Sauerstoff (O_2) zugemischt oder zudosiert wird. Wird zumindest das Pyrolysegas mittels der Brennvorrichtung 3 verbrannt, wird Wärmeenergie erzeugt. Das aus der Brennvorrichtung 3 abgeleitete Rauchgas weist zumeist einen sehr hohen Temperaturwert auf, der aus einem Temperatur-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 800 °C, insbesondere 850°C, und dessen obere Grenze 1.200°C, insbesondere 1.000 °C, beträgt.

Auf die Darstellung von Dosiervorrichtungen, Ventilen oder dergleichen wurde der besseren Übersichtlichkeit verzichtet. Es sei weiters angemerkt, dass zur Kontrolle und/oder Überwachung an oder in der Zumischvorrichtung 9 eigene Messanordnungen zur Ermittlung unterschiedlichster Parameter vorgesehen sein können. So können z.B. die Temperaturen aller der Zumischvorrichtung 9 zugeleiteten Gase jeweils für sich getrennt ermittelt werden. Als weitere Parameter können auch z.B. der Sauerstoffgehalt sowie der Anteil oder der Gehalt an nachfolgend beschriebenen Gasen jeweils für sich getrennt ermittelt werden. Die Messanordnungen stehen ihrerseits mit der Steuerungsvorrichtung 7 in Kommunikationsverbindung. Der Einfachheit halber wurde nur eine Verbindungslinie zwischen der Zumischvorrichtung 9 und der Steuerungsvorrichtung 7 dargestellt.

In der Zumischvorrichtung 9 wird dem Rauchgas einerseits Umgebungsluft und/oder Sauerstoff zudosiert und andererseits durch das den Sauerstoff enthaltende zumindest eine Gas die Temperatur reduziert und somit abgekühlt. Das aus der Zumischvorrichtung 9 austretende Gasgemisch wird nachfolgend direkt und bevorzugt ohne zusätzlichen Filtervorgang der Trocknungsvorrichtung 4 zugeleitet und deshalb zur leichteren Unterscheidung der in der Behandlungsanlage 1 vorhandenen Gase als sogenanntes Trocknungsgas bezeichnet.

Das aus der Zumischvorrichtung 9 abgeleitete Trocknungsgas soll einen Temperaturwert aufweisen, der aus einem Temperatur-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 100°C, insbesondere 300°C, und dessen obere Grenze 700 °C, insbesondere 500 °C, beträgt.

Weiters soll das aus der Zumischvorrichtung 9 abgeleitete Trocknungsgas einen Sauerstoffgehalt aufweisen, der aus einem Sauerstoffgehalt-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 6 Vol.%, insbesondere 15 Vol.%, und dessen obere Grenze 20 Vol.%, insbesondere 17 Vol.%, beträgt. Besonderes bevorzugt soll der Sauerstoffgehalt nicht größer als 17 Vol.% sein.

Das aus der Zumischvorrichtung 9 abgeleitete Trocknungsgas enthält unter anderem das Gas Schwefeldioxid (SO_2). Schwefeldioxid ist ein farbloses, schleimhautreizendes, stechend riechendes und sauer schmeckendes, giftiges Gas. Das Trocknungsgas kann weiters auch noch Schwefeltrioxid (SO_3) enthalten, welches bei den zuvor angegeben hohen Temperaturen ebenfalls einen gasförmigen Aggregatzustand aufweist.

Nachfolgend wird eine weitere und wahlweise mögliche Behandlung des Pyrolysekokses mit den möglichen Verfahrensschritten beschrieben, welche durchgeführt werden kann, jedoch nicht zwingend erfolgen oder durchgeführt muss.

Der im Pyrolyse-Reaktor 2 aus der Biomasse 5 gebildete Pyrolysekoks kann nun grundsätzlich zur Durchführung eines weiteren zusätzlichen Behandlungsschritts in eine Koksbehandlungsvorrichtung 10 weitergefördert werden. Dies kann auf direktem Weg erfolgen. Es wäre aber noch möglich, dass der aus dem Pyrolyse-Reaktor 2 abgeführte Pyrolysekoks vor dem Zuführen in die Koksbehandlungsvorrichtung 10 in einen Zwischenbehälter 11 gefördert und dort zwischengespeichert wird. Die Entnahme aus dem Zwischenbehälter 11 oder der Schritt des Weiterförderns des Pyrolysekokses aus dem Zwischenbehälter 11 zur Koksbehandlungsvorrichtung 10 kann z.B. mittels einer Förderschnecke und eine nachfolgend an die Förderschnecke angeordnete Zellenradschleuse erfolgen.

Es sein angemerkt, dass das Schwefeldioxid (SO_2) und/oder das Schwefeltrioxid (SO_3) bereits im Pyrolysegas und/oder in dem aus der Koksbehandlungsvorrichtung 10 abgeleiteten Koksabgas und/oder auch im Rauchgas enthalten sein kann. Das in der Koksbehandlungsvorrichtung 10 entstehende Koksabgas kann auch als Vergasergas bezeichnet werden.

Befindet sich die im vorhergehenden Behandlungsschritt im Pyrolyse-Reaktor 2 zum Pyrolysekoks behandelte Biomasse 5 in der Koksbehandlungsvorrichtung 10, wird der Pyrolysekoks in einem möglichen nachfolgenden Behandlungsschritt weiter thermisch behandelt. Dies kann erfolgen und stellt eine weitere alternative Weiterbehandlung dar. Dabei wird der Pyrolysekoks in ein überwiegend festes Rückstandsprodukt, insbesondere ein rieselfähiges Rückstandsprodukt, und in ein Koksabgas zersetzt. Bei dieser weiteren thermischen Behandlung in der Koksbehandlungsvorrichtung 10 kann eine Vergasung und/oder auch eine Verbrennung erfolgen. Die Koksbehandlungsvorrichtung 10 kann auch als sogenannter oxidativer Koksbehandler bezeichnet werden, welcher eine Vergasung und/oder eine Verbrennung ermöglicht oder zulässt. Im zumeist festen Rückstandsprodukt ist der zumindest eine Wertstoff enthalten, auf welchen die Rückgewinnung gerichtet sein kann. Aus der Koksbehandlungsvorrichtung 10 wird das Rückstandsprodukt räumlich getrennt vom Koksabgas abgeführt, wobei das Rückstandsprodukt in einem nicht näher bezeichneten Behältnis gesammelt werden kann. Das Koksabgas kann so eigens aus der Koksbehandlungsvorrichtung 10 abgeleitet werden.

Der Pyrolysekoks kann in der Koksbehandlungsvorrichtung 10 mit einem Temperaturwert vergast werden, der aus einem Temperatur-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 400°C, insbesondere 500°C, und dessen obere Grenze 1.000 °C, insbesondere 900 °C, beträgt.

Es kann auch das aus der Koksbehandlungsvorrichtung 10 abgeleiteten Koksabgases in die Brennvorrichtung 3 geleitet werden, wobei das Koksabgas in der Brennvorrichtung 3 ebenfalls unter Bildung des Rauchgases verbrannt wird. Das dabei entstehende oder gebildete Rauchgas wird ebenfalls aus der Brennvorrichtung 3 abgeleitet. Werden beide Gase, nämlich das Pyrolysegas und das Koksab-

gas, der Brennvorrichtung 3 zugeleitet, können diese räumlich getrennt voneinander der Brennvorrichtung 3 zugeleitet und in dieser verbrannt werden. Unabhängig davon könnten aber auch beide Gase gemeinsam der Brennvorrichtung 3 zugeleitet werden, wie dies mit einem in strich-punktierten Linien dargestellten Pfeil angedeutet ist. Werden beide Gase in der Brennvorrichtung 3 verbrannt, bildet sich das zuvor beschriebene Rauchgas auch aus diesen beiden Gasen und enthält unter anderem das Gas Schwefeldioxid (SO_2) und/oder Schwefeltrioxid (SO_3).

Zur Trocknung der Biomasse 5, insbesondere der zuvor beschriebenen Schlämme, können die unterschiedlichst ausgebildeten Trocknungsvorrichtungen 4 eingesetzt werden. Es kann dabei z.B. jene eingesetzt werden, wie diese in der DE 10 2010 049 339 A1 beschrieben worden ist. Das dazu eingesetzte Trocknungsgas wird bei der gegenständlichen Behandlungsanlage 1 direkt von dem in der Brennvorrichtung 3 zum Rauchgas verbrannten Pyrolysegas und gegebenenfalls dem Koksabgas gebildet, wobei dem Rauchgas in der Zumischvorrichtung 9 der zuvor beschriebene zumeist vorbestimmte Volumenanteil an Sauerstoff zudosiert worden ist und damit das Trocknungsgas bildet.

Bei der Trocknung der aus organischen Abfallprodukten gebildeten Biomasse 5 in der Trocknungsvorrichtung 4 wird das Gas Ammoniak (NH_3) gebildet oder freigesetzt. Ammoniak ist bei diesen Temperaturen ein stark stechend riechendes, farbloses, wasserlösliches und giftiges Gas, das zu Tränen reizt und erstickend wirkt.

Bei den erfindungsgemäßen Verfahrensschritten kommt es durch den Einsatz und der Verwendung des Trocknungsgases, in welchem unter anderem das Gas Schwefeldioxid (SO_2) enthalten ist, und dem Ammoniak (NH_3) zu einer chemischen Reaktion zumindest dieser beiden Gase. Bei dieser chemischen Reaktion bildet sich aus dem Ammoniak (NH_3) und dem Schwefeldioxid (SO_2) ein fester, kristalliner Stoff, nämlich Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$). Es kann auch noch Schwefeltrioxid (SO_3) im Trocknungsgas mit enthalten sein.

So kann je nach dem vorhandenen Reaktionsgas mit dem Ammoniak (NH_3) Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$) und/oder Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$) gebildet werden.

Dies in Abhängigkeit von der Temperatur des der Trocknungsvorrichtung 4 zugeleiteten Trocknungsgases. Das in der Trocknungsvorrichtung 4 gebildete Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$) und/oder das Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$) werden oder wird gemeinsam mit der getrockneten Biomasse 5 dem Pyrolyse-Reaktor 2 zugeführt und anschließend pyrolysiert.

Das aus der Trocknungsvorrichtung 4 austretende oder abgeleitete Gas wird als Trocknerabgas oder Trocknerabluft bezeichnet. Aufgrund der zuvor beschriebenen Bindung und Umwandlung von Ammoniak (NH_3) ist nur mehr eine bedingte chemische und/oder physikalische Reinigung des Trocknerabgases oder der Trocknerabluft durchzuführen oder notwendig. Es wird bevorzugt vor dem Ableiten des Trocknerabgases oder der Trocknerabluft an die Umgebung diese durch eine vereinfacht dargestellte Filtervorrichtung 13 hindurchgeleitet. Damit können Staubpartikel herausgefiltert werden, welche gegebenenfalls der getrockneten Biomasse 5 vor dem Zuführen in den Pyrolyse-Reaktor 2 bei der Filterreinigung beigefügt werden können.

Der Zumischvorrichtung 9 kann weiters auch noch ein aus einem Blockheizkraftwerk (BHKW) 12 stammendes weiteres Rauchgas zugeleitet werden. Um eine Temperaturreduzierung des der Zumischvorrichtung 9 zugeleiteten Rauchgases zu erzielen, soll das weitere Rauchgas mit einem Temperaturwert der Zumischvorrichtung 9 zugeleitet werden, der aus einem Temperatur-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 100°C, insbesondere 200°C, und dessen obere Grenze 500 °C, insbesondere 300 °C, beträgt.

Zur Erhöhung der Energieeffizienz kann noch vorgesehen werden, dass von dem aus der Brennvorrichtung 3 abgeleiteten Rauchgas eine Teilmenge desselben vor dem Zuleiten in die Zumischvorrichtung 9 abgezweigt wird. Die abgezweigte Teilmenge kann als Rezirkulationsgas bezeichnet werden und wird anschließend durch einen Wärmetauscher 14 zur Wärmeabgabe oder Wärmereduzierung hindurchgeleitet. Die Rauchgastemperatur des Rezirkulationsgases wird so reduziert. Das abgezweigte Rauchgas wird nachfolgend der Brennvorrichtung 3 zur Verbrennung zugeleitet. Die Zuleitung in die Brennvorrichtung 3 kann entweder gemein-

sam mit dem Pyrolysegas und/oder dem Koksabgas erfolgen oder aber eine voneinander getrennte Zuleitung vorgesehen sein, so wie dies dargestellt worden ist. Weiters ist noch dargestellt, dass der Brennvorrichtung 3 zur Verbrennung des Pyrolysegases und/oder des Koksabgases sowie gegebenenfalls auch des zurückgeleitenten Rauchgases Sauerstoff, insbesondere Sauerstoff enthaltende Umgebungsluft, zugeleitet wird. Es ist bevorzugt für jedes der zuvor beschriebenen Gase eine eigene Zuleitung vorgesehen. Die zugeleitete Umgebungsluft kann auch als Verbrennungsluft bezeichnet werden, welche mittels einer angedeuteten Fördervorrichtung 15 der Brennvorrichtung 3 zugeleitet werden kann.

Wird als Zudosiergas z.B. Umgebungsluft als das den Sauerstoff (O_2) enthaltende Gas gewählt, kann dieses vor dem Zuleiten in die Zumischvorrichtung 9 durch den Wärmetauscher 14 hindurchgeleitet und mittels der abgezweigten Teilmenge des Rauchgases dessen Temperatur erhöht werden. Die Umgebungsluft weist je nach Jahreszeit eine ortsübliche Umgebungstemperatur auf, von welcher aus die Temperaturerhöhung erfolgt. Nach dem Durchströmen oder dem Durchtritt der das Zudosiergas bildenden Umgebungsluft erfolgt das Zuleiten in die Zumischvorrichtung 9 und das Zudosieren und Zumischen zu dem in der Zumischvorrichtung 9 befindlichen Rauchgas. Es kann auch hier eine eigene, mit dem gleichen Bezugszeichen versehene Fördervorrichtung 15 vorgesehen sein, wie dies angedeutet ist. Es wäre aber auch möglich, mit nur einer Fördervorrichtung 15 die Umgebungsluft mit entsprechend ausgelegten Leitungsverbindungen und Ventilanordnungen sowohl zum Wärmetauscher 14 als auch zur Brennvorrichtung 3 hin zu fördern.

Am Beginn des Behandlungsvorgangs der Biomasse 5 ist zuerst diese in der Trocknungsvorrichtung 4 auf einen vorbestimmten Feuchtigkeitsgehalt zu trocknen und somit Feuchtigkeit, insbesondere Wasser, zu entziehen. Da der Pyrolyse-Reaktor 2 zu diesem Zeitpunkt noch nicht in Betrieb ist, ist anstatt des Trocknungsgases ein aus einem anderen Brennstoff, wie z.B. Erdgas, Biogas, Flüssiggas, Heizöl etc. und/oder heiße Rauchgase aus anderen Verbrennungsprozessen wie z.B. Abgase einer Verbrennungskraftmaschine oder einer alternativen Feuerung, gebildetes Rauchgas zu bilden und dieses der Zumischvorrichtung 9 zuzuführen

und in dieser das Trocknungsgas für die Trocknung der Biomasse 5 in der Trocknungsvorrichtung 4 bereitzustellen. Bei der oder den Verbrennungskraftmaschinen kann es sich z.B. um eine Gasturbine und/oder einen Gasmotor handeln. Die alternative Feuerung kann z.B. von einem Biomassekessel oder dergleichen gebildet sein. Sobald dem Pyrolyse-Reaktor 2 getrocknete Biomasse 5 zugeführt werden kann und sich dieser in Betrieb befindet und das Pyrolysegas der Brennvorrichtung 3 zugleitet wird, kann die Erstversorgung der Trocknungsvorrichtung 4 eingestellt werden.

Mit der zuvor beschriebenen Behandlungsanlage 1 kann die bereitgestellte Biomasse 5 der thermo-chemischen Behandlung unterzogen werden. Es sind dabei zumindest folgende Verfahrensschritte durchzuführen:

Bereitstellen der zu behandelnden Biomasse 5,

- Bereitstellen einer Trocknungsvorrichtung 4,
- Bereitstellen zumindest eines Pyrolyse-Reaktors 2,
- Bereitstellen zumindest einer Brennvorrichtung 3,
- Bereitstellen zumindest einer Zumischvorrichtung 9,
- Zuführen der bereitgestellten und zu behandelnden Biomasse 5 in die Trocknungsvorrichtung 4, wobei die in der Biomasse 5 enthaltene Feuchtigkeit reduziert und weiters beim Trocknungsvorgang aus der Biomasse 5 Ammoniak (NH_3) freigesetzt wird,
- Abgeben der zu behandelnden Biomasse 5 aus der Trocknungsvorrichtung 4,
- Zuführen der zu behandelnden Biomasse 5 in den Pyrolyse-Reaktor 2,
- Pyrolysieren der Biomasse 5 im Pyrolyse-Reaktor 2 und dabei thermische Zersetzung der Biomasse 5 in Pyrolysekoks und Pyrolysegas,
- Abführen des Pyrolysekokses und Ableiten des Pyrolysegases aus dem Pyrolyse-Reaktor 2,
- Zuleiten des aus dem Pyrolyse-Reaktor 2 abgeleiteten Pyrolysegases in die Brennvorrichtung 3 und Verbrennen des Pyrolysegases unter Bildung eines Rauchgases,
- Ableiten des Rauchgases aus der Brennvorrichtung 3 und Zuleiten des Rauchgases in die Zumischvorrichtung 9,

- Zudosieren von Sauerstoff (O_2) und/oder zumindest eines Sauerstoff (O_2) enthaltenden Gases zum Rauchgas in der Zumischvorrichtung 9 und Bildung eines Trocknungsgases, welches Trocknungsgas unter anderem Schwefeldioxid (SO_2) und/oder Schwefeltrioxid (SO_3) jeweils in einem gasförmigen Aggregatzustand enthält,
- Ableiten des Trocknungsgases aus der Zumischvorrichtung 9 und Zuleiten des Trocknungsgases in die Trocknungsvorrichtung 4,
- Hindurchleiten des Trocknungsgases durch die Trocknungsvorrichtung 4, wobei das im Trocknungsgas unter anderem enthaltene Schwefeldioxid (SO_2) und/oder das Schwefeltrioxid (SO_3) mit dem Ammoniak (NH_3) chemisch zu Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$) und/oder Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$) reagiert.

In der Fig. 2 ist ein weiteres mögliches Anlagenschema einer gegebenenfalls für sich eigenständigen Ausführungsform der Behandlungsanlage 1 gezeigt, welche ebenfalls dazu ausgebildet oder vorgesehen ist, die physikalische und thermochemische Behandlung der Biomasse 5, insbesondere von organischen Abfallprodukten, wie Schlämme aus Kläranlagen, Schlachtbetrieben, landwirtschaftlichen Betrieben, der Tierhaltung, Lebensmittelindustrie, Papierindustrie, durchführen zu können. Desalb werden auch hier wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in der vorangegangenen Fig. 1 verwendet. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in der vorangegangenen Fig. 1 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

Im Gegensatz zu der zuvor beschriebenen Behandlungsanlage 1 wird die Biomasse 5 unter gewolltem Vorhandensein von Sauerstoff verbrannt und dabei bereits das Rauchgas bereitgestellt bzw. erhalten. Das Rauchgas wird bevorzugt und nachfolgend unter bedarfsweiser Zwischenschaltung der Zumischvorrichtung 9 der Trocknungsvorrichtung 4 für den Trockungsvorgang der Biomasse 5 zugeleitet.

Die Behandlungsanlage 1 umfasst anlagenmäßig bevorzugt einen Speicher zur Aufnahme der zu behandelnden Biomasse 5, gegebenenfalls die Entwässerungsvorrichtung 6, und die Trocknungsvorrichtung 4.

Anschließend an die Trocknungsvorrichtung 4 kann wahlweise aber nicht zwingend, eine eigene Fördervorrichtung 16 vorgesehen sein, mittels welcher die vorgetrocknete oder getrocknete Biomasse 5 einer nachfolgend befindlichen Verbrennungs-Anlageneinheit 17 umfassend zumindest einen ersten Verbrennungs-Reaktor 18 zugefördert werden kann.

Je nach Masse oder anfallender Menge an zu behandelnder Biomasse 5 kann die Verbrennungs-Anlageneinheit 17 auch mehrere Verbrennungs-Reaktoren umfassen, wobei der besseren Übersichtlichkeit halber nur ein weiterer oder zweiter Verbrennungs-Reaktor 19 dargestellt wurde. Der erste Verbrennungs-Reaktor 18 kann z.B. durch einen Drehrohrofen gebildet sein. Der zweite Verbrennungs-Reaktor 19 kann z.B. durch einen Ofen mit Rostfeuerung, wie einem Treppenofen oder dergleichen, gebildet sein.

Es wäre aber auch möglich, wenn die Verbrennungs-Anlageneinheit 17 mehrere Verbrennungs-Reaktoren 18, 19 umfasst, jeweils zueinander gleichartig ausgebildete oder auf dem gleichen Wirkprinzip basierende Verbrennungs-Reaktoren 18 oder 19 einzusetzen.

Weiters könnte aber auch zumindest einer der Verbrennungs-Reaktoren 18, 19 oder aber auch alle der Verbrennungs-Reaktoren 18, 19 durch einen Wirbelschichtofen gebildet sein, der auf Basis der Wirbelschichtfeuerung betrieben wird. Es könnte aber auch zumindest einer der Verbrennungs-Reaktoren 18, 19 zur Durchführung einer Staubfeuerung oder einer Zykloidfeuerung ausgebildet sein.

Diese zuvor erwähnten Feuerungssysteme stellen jene aktuell am gängigsten eingesetzten Ofentypen dar, mittels welcher eine Drehrohrfeuerung, eine Rostfeuerung eine Wirbelschichtfeuerung oder aber auch eine Staubfeuerung oder eine Zykloidfeuerung durchgeführt werden kann. Eine beliebige Kombiniation oder Mehrfachanordnung der unterschiedlichen Ofentypen kann bei Bedarf vorgesehen werden. Damit kann bei der durchzuführenden Behandlung auf unterschiedliche zu behandelnde Biomassen 5 Bedacht genommen werden.

In dem Verbrennungs-Reaktor 18, 19 oder in den Verbrennungs-Reaktoren 18, 19 wird die zu behandelnde Biomasse 5 unter Zufuhr von Sauerstoff (O_2) und/oder zumindest eines Sauerstoff (O_2) enthaltenden Gases verbrannt, wobei dieser Verbrennungsvorgang auch als Oxidationsvorgang bezeichnet werden kann. Dabei handelt es sich ebenfalls um eine physikalische und thermo-chemische Behandlung der Biomasse 5, jedoch mittels eines Verbrennungsprozesses.

Bei dem zuvor in der Fig. 1 gezeigten und beschriebenen Pyrolyse-Vorgang mittels des Pyrolyse-Reaktors 2 erfolgt eine unterstöchiometrische thermo-chemische Umwandlung bzw. Behandlung der Biomasse 5 zu Pyrolysekoks und Pyrolysegas.

Durch den hier vorgesehenen Verbrennungsvorgang der Biomasse 5 wird diese im Oxidationsprozess mit dem Sauerstoff (O_2) zu einem Verbrennungsprodukt und dem Rauchgas überführt. Bei dem Verbrennungsprodukt kann es sich z.B. um Asche und/oder auch noch um ein noch Feuchtigkeit enthaltendes Produkt handeln. Das Verbrennungsprodukt wird aus dem oder aus den Verbrennungs-Reaktoren 18, 19 abgeführt oder von diesen abgegeben und das Rauchgas jeweils gesammelt abgeleitet. Bevorzugt kann das Rauchgas getrennt und unabhängig vom Verbrennungsprodukt abgeleitet werden, wie dies jeweils mit einer eigenen Leitung angedeutet ist.

Das Rauchgas oder die Rauchgase werden der Zumischvorrichtung 9 zugeleitet, so wie dies zuvor für das aus der Brennvorrichtung 3 abgeleitete Rauchgas bereits beschrieben worden ist.

In der Zumischvorrichtung 9 wird dem aus der Verbrennungs-Anlageneinheit 17 zugeleiteten Rauchgas einerseits Umgebungsluft und/oder Sauerstoff zudosiert und andererseits durch das den Sauerstoff enthaltende zumindest eine Gas die Temperatur reduziert und somit abgekühlt. Das aus der Zumischvorrichtung 9 austretende Gasgemisch wird nachfolgend direkt und bevorzugt ohne zusätzlichen Filtervorgang der Trocknungsvorrichtung 4 zugeleitet und deshalb zur leichteren Unterscheidung der in der Behandlungsanlage 1 vorhandenen Gase als sogenanntes Trocknungsgas bezeichnet.

Das aus der Zumischvorrichtung 9 abgeleitete Trocknungsgas soll einen Temperaturwert aufweisen, der aus einem Temperatur-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 100°C, insbesondere 300°C, und dessen obere Grenze 700 °C, insbesondere 500 °C, beträgt.

Weiters soll das aus der Zumischvorrichtung 9 abgeleitete Trocknungsgas einen Sauerstoffgehalt aufweisen, der aus einem Sauerstoffgehalt-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 6 Vol.%, insbesondere 15 Vol.%, und dessen obere Grenze 20 Vol.%, insbesondere 17 Vol.%, beträgt. Besonderes bevorzugt soll der Sauerstoffgehalt nicht größer als 17 Vol.% sein.

Das aus der Zumischvorrichtung 9 abgeleitete Trocknungsgas enthält unter anderem das Gas Schwefeldioxid (SO_2). Schwefeldioxid ist ein farbloses, schleimhautreizendes, stechend riechendes und sauer schmeckendes, giftiges Gas. Das Trocknungsgas kann weiters auch noch Schwefeltrioxid (SO_3) enthalten, welches bei den zuvor angegeben hohen Temperaturen ebenfalls einen gasförmigen Aggregatzustand aufweist.

Zur Erhöhung der Energieeffizienz kann noch vorgesehen werden, dass von dem aus der Verbrennungs-Anlageneinheit 17 abgeleiteten Rauchgas eine Teilmenge desselben vor dem Zuleiten in die Zumischvorrichtung 9 abgezweigt wird. Die abgezweigte Teilmenge kann als Rezirkulationsgas bezeichnet werden und wird anschließend durch den Wärmetauscher 14 zur Wärmeabgabe oder Wärmereduzierung hindurchgeleitet. Die Rauchgastemperatur des Rezirkulationsgases wird so reduziert. Das abgezweigte Rauchgas wird nachfolgend wiederum der Verbrennungs-Anlageneinheit 17, insbesondere zumindest einem der Verbrennungs-Reaktoren 18, 19, zur weiteren Verbrennung zugeleitet.

Weiters ist noch dargestellt, dass der Verbrennungs-Anlageneinheit 17, insbesondere zumindest einem der Verbrennungs-Reaktoren 18, 19, zur Nachverbrennung des zurückgeleitenten Rauchgases auch noch Sauerstoff, insbesondere Sauerstoff enthaltende Umgebungsluft, direkt zugeleitet und/oder dem Rezirkulationsgas zugemischt werden kann. Dabei wäre es auch noch möglich, den Sauerstoff (O_2) und/oder zumindest das den Sauerstoff (O_2) enthaltenden Gas durch einen nicht

mehr näher dargestellten weiteren Wärmetauscher hindurchzuleiten, um eine Temperturerhöhung duchführen zu können.

Es kann bevorzugt für jedes der zuvor beschriebenen Gase eine eigene Zuleitung vorgesehen. Die zugeleitete Umgebungsluft kann auch als Verbrennungsluft bezeichnet werden, welche mittels zumindest einer angedeuteten Fördervorrichtung 15 der Verbrennungs-Anlageneinheit 17, insbesondere zumindest einem der Verbrennungs-Reaktoren 18, 19, zugeleitet werden kann. Hier ist für jeden der Verbrennungs-Reaktoren 18, 19 eine eigene Fördervorrichtung 15 vorgesehen.

Wird als Zudosiergas z.B. Umgebungsluft als das den Sauerstoff (O_2) enthaltende Gas gewählt, kann dieses vor dem Zuleiten in die Zumischvorrichtung 9 durch den Wärmetauscher 14 hindurchgeleitet und mittels der abgezweigten Teilmenge des Rauchgases dessen Temperatur erhöht werden. Die Umgebungsluft weist je nach Jahreszeit eine ortsübliche Umgebungstemperatur auf, von welcher aus die Temperaturerhöhung erfolgt. Nach dem Durchströmen oder dem Durchtritt der das Zudosiergas bildenden Umgebungsluft erfolgt das Zuleiten in die Zumischvorrichtung 9 und das Zudosieren und Zumischen zu dem in der Zumischvorrichtung 9 befindlichen Rauchgas. Es kann auch hier eine eigene, mit dem gleichen Bezugszeichen versehene Fördervorrichtung 15 vorgesehen sein, wie dies angedeutet ist. Es wäre aber auch möglich, mit nur einer Fördervorrichtung 15 die Umgebungsluft mit entsprechend ausgelegten Leitungsverbindungen und Ventilanordnungen sowohl zum Wärmetauscher 14 als auch zur Verbrennungs-Anlageneinheit 17 hin zu fördern.

Weiters ist es möglich, dass auch hier der Zumischvorrichtung 9 noch ein aus einem Blockheizkraftwerk (BHKW) 12 stammendes weiteres Rauchgas zugeleitet wird. Die Steuerungsvorrichtung 7 kann ebenfalls wiederum vorgesehen sein, um die gesamte Behandlungsanlage 1 und den Verfahrensablauf mit deren Anagenkomponenten zu steuern oder zu regeln.

Mittels der in der Fig. 2 beschiebenen Behandlungsanlage 1 kann die bereitgestellte Biomasse 5 behandelt und unter anderem dem beschriebenen Verbren-

nungsvorgang unterzogen werden. Es sind dabei zumindest folgende Verfahrensschritte durchzuführen:

- Bereitstellen der zu behandelnden Biomasse 5,
- Bereitstellen der Trocknungsvorrichtung 4,
- Bereitstellen der Verbrennungs-Anlageneinheit 17 mit zumindest einem Verbrennungs-Reaktor 18, 19,
- Bereitstellen zumindest der Zumischvorrichtung 9,
- Zuführen der bereitgestellten und zu behandelnden Biomasse 5 in die Trocknungsvorrichtung 4, wobei die in der Biomasse 5 enthaltene Feuchtigkeit reduziert und weiters beim Trocknungsvorgang aus der Biomasse 5 Ammoniak (NH_3) freigesetzt wird,
- Abgeben der zu behandelnden Biomasse 5 aus der Trocknungsvorrichtung 4,
- Zuführen der zu behandelnden Biomasse 5 in den zumindest einen Verbrennungs-Reaktor 18, 19,
- Verbrennen der Biomasse 5 im zumindest einen Verbrennungs-Reaktor 18, 19 und dabei oxidative Umsetzung der Biomasse 5 in ein Verbrennungsprodukt und Rauchgas,
- Abführen des Verbrennungsprodukts und Ableiten des Rauchgases aus dem zumindest einen Verbrennungs-Reaktor 18, 19,
- Zuleiten des Rauchgases in die Zumischvorrichtung 9,
- Zudosieren von Sauerstoff (O_2) und/oder zumindest eines Sauerstoff (O_2) enthaltenden Gases zum Rauchgas in der Zumischvorrichtung 9 und Bildung eines Trocknungsgases, welches Trocknungsgas unter anderem Schwefeldioxid (SO_2) und/oder Schwefeltrioxid (SO_3) jeweils in einem gasförmigen Aggregatzustand enthält,
- Ableiten des Trocknungsgases aus der Zumischvorrichtung 9 und Zuleiten des Trocknungsgases in die Trocknungsvorrichtung 4,
- Hindurchleiten des Trocknungsgases durch die Trocknungsvorrichtung 4, wobei das im Trocknungsgas unter anderem enthaltene Schwefeldioxid (SO_2) und/oder das Schwefeltrioxid (SO_3) mit dem Ammoniak (NH_3) chemisch zu Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$) und/oder Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$) reagiert.

Es erfolgt auch bei dieser Behandlungsanlage 1 das Zuführen und Trocknen der Biomasse 5 in der Trocknungsvorrichtung 4, anschließend daran wird die getrocknete Biomasse 5 weitergefördert und zumindest einem der Verbrennungs-Reaktoren 18, 19 zugeführt. Durch den in der Verbrennungs-Anlageneinheit 17 durchgeführten Verbrennungsvorgang erfolgt die Oxidation und damit die oxidative Umsetzung der Biomasse 5 in das Verbrennungsprodukt und bereits in das Rauchgas.Wenn der Verbrennungsvorgang mit einem Lambda-Wert von größer als 1 ($\lambda>1$) durchgeführt wird, enthält das dabei gebildete oder entstehende Rauchgas auch noch einen gewissen Anteil an Sauerstoff (O_2).

Bei der Behandlungsanlage 1 gemäß der Fig. 1 erfolgt hingegen nach dem Trocknungsvorgang das Zuführen in den Pyrolyse-Reaktor 2 und in diesem die thermische Behandlung. Dabei wird als eines der Zersetzungsprodukte das Pyrolysegas gebildet, welches nachfolgend an dessen Ableitung der Brennvorrichtung 3 zugeleitet und in dieser, gegebenenfalls gemeinsam mit dem Koksabgas, zu dem Rauchgas verbrannt wird.

Das Rauchgas, welches entweder gemäß dem Verfahrensablauf nach Fig.1 oder nach dem Verfahrensablauf nach Fig. 2 gebildet wird, wird nachfolgend der Zumischvorrichtung 9 zugeleitet. Die weiteren Verfahrensschritte werden jeweils gleich durchgeführt und das in der Zumischvorrichtung 9 gebildete Trocknungsgas der Trocknungsvorrichtung 4 zugeleitet.

Die beiden zuvor beschriebenen Verfahrensabläufe unterscheiden sich lediglich in der Wahl der Anlagenkomponenten zur Bildung des Rauchgases aus der zu behandelnden Biomasse 5.

Es könnte aber auch noch vorgesehen werden, dass die Behandlungsanlage 1 eine Kombination aus den zuvor beschriebenen Anlagenkomponenten zur thermochemischen Umwandlung bzw. Behandlung der Biomasse 5 umfasst. So könnte sowohl der Pyrolyse-Reaktor 2, gegebenenfalls die Koksbehandlungsvorrichtung 10, und die Brennvorrichtung 3 zum einen als auch die Verbrennungs-Anlageneinheit 17 umfassend zumindest einen Verbrennungs-Reaktor 18, 19 zum anderen parallel nebeneinander eingesetzt werden. Bei beiden Anlagenkomponenten wird

aus der Biomasse 5 unter anderem das Rauchgas gebildet, welches dann in weiterer Folge der Zumischvorrichtung 9 zugeleitet wird. Damit können die unterschiedlichen thermo-chemischen Behandlungsvorgänge je nach Bedarf miteinander kombiniert werden.

Mit dieser chemischen Reaktion oder diesen chemischen Reaktionen wird der Ammoniak (NH_3) in Abhängigkeit von den im Trocknungsgas enthaltenen Schwefel-Oxiden in einen festen, zumeist rieselfähigen Aggregatzustand überführt. Dies wäre ansonsten nur mit einem möglichen anderen, zusätzlich zuzugebenden Zusatzstoff erzielbar.

Abschließend sei noch erwähnt, dass die einzelnen Verfahrensschritte und deren zeitliche Abfolge nicht zwingend in der angeführten Reihenfolge erfolgen muss, sondern auch eine davon abweichende zeitliche Abfolge möglich ist.

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

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

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mitumfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend

von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereiche beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1, oder 5,5 bis 10.

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

Bezugszeichenliste

1	Behandlungsanlage
2	Pyrolyse-Reaktor
3	Brennvorrichtung
4	Trocknungsvorrichtung
5	Biomasse
6	Entwässerungsvorrichtung
7	Steuerungsvorrichtung
8	Schleusensystem
9	Zumischvorrichtung
10	Koksbehandlungsvorrichtung
11	Zwischenbehälter
12	Blockheizkraftwerk
13	Filtervorrichtung
14	Wärmetauscher
15	Fördervorrichtung
16	Fördervorrichtung
17	Verbrennungs-Anlageneinheit
18	erster Verbrennungs-Reaktor
19	zweiter Verbrennungs-Reaktor

Patentansprüche

1. Verfahren zur physikalischen und thermo-chemischen Behandlung von Biomasse (5), insbesondere von organischen Abfallprodukten, wie Schlämme aus Kläranlagen, Schlachtbetrieben, landwirtschaftlichen Betrieben, der Tierhaltung, Lebensmittelindustrie, Papierindustrie, bei dem folgende Schritte in einer Behandlungsanlage (1) durchgeführt werden:

- Bereitstellen der zu behandelnden Biomasse (5),
- Bereitstellen einer Trocknungsvorrichtung (4),
- Bereitstellen zumindest eines Pyrolyse-Reaktors (2),
- Bereitstellen zumindest einer Brennvorrichtung (3),
- Bereitstellen zumindest einer Zumischvorrichtung (9),
- Zuführen der bereitgestellten und zu behandelnden Biomasse (5) in die Trocknungsvorrichtung (4), wobei die in der Biomasse (5) enthaltene Feuchtigkeit reduziert und weiters beim Trocknungsvorgang aus der Biomasse (5) Ammoniak (NH_3) freigesetzt wird,
- Abgeben der zu behandelnden Biomasse (5) aus der Trocknungsvorrichtung (4),
- Zuführen der zu behandelnden Biomasse (5) in den Pyrolyse-Reaktor (2),
- Pyrolysieren der Biomasse (5) im Pyrolyse-Reaktor (2) und dabei thermische Zersetzung der Biomasse (5) in Pyrolysekoks und Pyrolysegas,
- Abführen des Pyrolysekokses und Ableiten des Pyrolysegases aus dem Pyrolyse-Reaktor (2),
- Zuleiten des aus dem Pyrolyse-Reaktor (2) abgeleiteten Pyrolysegases in die Brennvorrichtung (3) und Verbrennen des Pyrolysegases unter Bildung eines Rauchgases,
- Ableiten des Rauchgases aus der Brennvorrichtung (3) und Zuleiten des Rauchgases in die Zumischvorrichtung (9),
- Zudosieren von Sauerstoff (O_2) und/oder zumindest eines Sauerstoff (O_2) enthaltenden Gases zum Rauchgas in der Zumischvorrichtung (9) und Bil-

dung eines Trocknungsgases, welches Trocknungsgas unter anderem Schwefeldioxid (SO_2) und/oder Schwefeltrioxid (SO_3) jeweils in einem gasförmigen Aggregatzustand enthält,

- Ableiten des Trocknungsgases aus der Zumischvorrichtung (9) und Zuleiten des Trocknungsgases in die Trocknungsvorrichtung (4),
- Hindurchleiten des Trocknungsgases durch die Trocknungsvorrichtung (4), wobei das im Trocknungsgas unter anderem enthaltene Schwefeldioxid (SO_2) und/oder das Schwefeltrioxid (SO_3) mit dem Ammoniak (NH_3) chemisch zu Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$) und/oder Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$) reagiert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Trocknungsgas in der Zumischvorrichtung (9) auf einen Temperaturwert verbracht wird, der aus einem Temperatur-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 100°C, insbesondere 300°C, und dessen obere Grenze 700 °C, insbesondere 500 °C, beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Trocknungsgas in der Zumischvorrichtung (9) durch das Zudosieren des Sauerstoffs (O_2) und/oder zumindest des den Sauerstoff (O_2) enthaltenden Gases auf einen Sauerstoffgehalt verbracht wird, der aus einem Sauerstoffgehalt-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 6 Vol.%, insbesondere 15 Vol.%, und dessen obere Grenze 20 Vol.%, insbesondere 17 Vol.%, beträgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zumischvorrichtung (9) ein aus einem Blockheizkraftwerk (12) stammendes weiteres Rauchgas zugeleitet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das weitere Rauchgas mit einem Temperaturwert der Zumischvorrichtung (9) zugeleitet wird, der aus einem Temperatur-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 100°C, insbesondere 200°C, und dessen obere Grenze 500 °C, insbesondere 300 °C, beträgt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von dem aus der Brennvorrichtung (3) abgeleiteten Rauchgas eine Teilmenge vor dem Zuleiten in die Zumischvorrichtung (9) abgezweigt wird, diese Teilmenge des Rauchgases durch einen Wärmetauscher (14) hindurchgeleitet und die Rauchgastemperatur reduziert wird und nachfolgend das abgezweigte Rauchgas der Brennvorrichtung (3) zur Verbrennung zugeleitet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass Umgebungsluft als das den Sauerstoff (O_2) enthaltende Gas durch den Wärmetauscher (14) hindurchgeleitet und die Temperatur mittels des hindurchgeleiteten Rauchgases erhöht wird und nachfolgend die Umgebungsluft der Zumischvorrichtung (9) zugeleitet und dem Rauchgas zudosiert wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der aus dem Pyrolyse-Reaktor (2) abgeführte Pyrolysekoks einer bereitgestellten Koksbehandlungsvorrichtung (10) zugeführt und in der Koksbehandlungsvorrichtung (10) in ein festes, insbesondere rieselfähiges, Rückstandsprodukt und in ein Koksabgas weiter zersetzt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Rückstandsprodukt räumlich getrennt vom Koksabgas aus der Koksbehandlungsvorrichtung (10) abgeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das aus der Koksbehandlungsvorrichtung (10) abgeleitete Koksabgas der Brennvorrichtung (3) zugeleitet und das Koksabgas in der Brennvorrichtung (3) unter Bildung des Rauchgases verbrannt und aus dieser ebenfalls abgeleitet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Pyrolysegas und das Koksabgas voneinander getrennt der Brennvorrichtung (3) zugeleitet werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Pyrolysegas und das Koksabgas gemeinsam der Brennvorrichtung (3) zugeleitet werden.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Trocknungsvorrichtung (4) gebildete Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$) und/oder das Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$) gemeinsam mit der getrockneten Biomasse (5) dem Pyrolyse-Reaktor (2) zugeführt werden oder wird.

14. Verfahren zur physikalischen und thermo-chemischen Behandlung von Biomasse (5), insbesondere von organischen Abfallprodukten, wie Schlämme aus Kläranlagen, Schlachtbetrieben, landwirtschaftlichen Betrieben, der Tierhaltung, Lebensmittelindustrie, Papierindustrie, bei dem folgende Schritte in einer Behandlungsanlage (1) durchgeführt werden:

- Bereitstellen der zu behandelnden Biomasse (5),
- Bereitstellen einer Trocknungsvorrichtung (4),
- Bereitstellen einer Verbrennungs-Anlageneinheit (17) mit zumindest einem Verbrennungs-Reaktor (18, 19),
- Bereitstellen zumindest einer Zumischvorrichtung (9),
- Zuführen der bereitgestellten und zu behandelnden Biomasse (5) in die Trocknungsvorrichtung (4), wobei die in der Biomasse (5) enthaltene Feuchtigkeit reduziert und weiters beim Trocknungsvorgang aus der Biomasse (5) Ammoniak (NH_3) freigesetzt wird,
- Abgeben der zu behandelnden Biomasse (5) aus der Trocknungsvorrichtung (4),
- Zuführen der zu behandelnden Biomasse (5) in den zumindest einen Verbrennungs-Reaktor (18, 19),
- Verbrennen der Biomasse (5) im zumindest einen Verbrennungs-Reaktor (18, 19) und dabei oxidative Umsetzung der Biomasse (5) in ein Verbrennungsprodukt und Rauchgas,
- Abführen des Verbrennungsprodukts und Ableiten des Rauchgases aus dem zumindest einen Verbrennungs-Reaktor (18, 19),

- Zuleiten des Rauchgases in die Zumischvorrichtung (9),
- Zudosieren von Sauerstoff (O_2) und/oder zumindest eines Sauerstoff (O_2) enthaltenden Gases zum Rauchgas in der Zumischvorrichtung (9) und Bildung eines Trocknungsgases, welches Trocknungsgas unter anderem Schwefeldioxid (SO_2) und/oder Schwefeltrioxid (SO_3) jeweils in einem gasförmigen Aggregatzustand enthält,
- Ableiten des Trocknungsgases aus der Zumischvorrichtung (9) und Zuleiten des Trocknungsgases in die Trocknungsvorrichtung (4),
- Hindurchleiten des Trocknungsgases durch die Trocknungsvorrichtung (4), wobei das im Trocknungsgas unter anderem enthaltene Schwefeldioxid (SO_2) und/oder das Schwefeltrioxid (SO_3) mit dem Ammoniak (NH_3) chemisch zu Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$) und/oder Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$) reagiert.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungs-Anlageneinheit (17) aus mehreren Verbrennungs-Reaktoren (18, 19) gebildet wird und dass das jeweils bei der Verbrennung in diesen gebildete Rauchgas der Zumischvorrichtung (9) zugeleitet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Trocknungsgas in der Zumischvorrichtung (9) auf einen Temperaturwert verbracht wird, der aus einem Temperatur-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 100°C, insbesondere 300°C, und dessen obere Grenze 700 °C, insbesondere 500 °C, beträgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Trocknungsgas in der Zumischvorrichtung (9) durch das Zudosieren des Sauerstoffs (O_2) und/oder zumindest des den Sauerstoff (O_2) enthaltenden Gases auf einen Sauerstoffgehalt verbracht wird, der aus einem Sauerstoffgehalt-Wertebereich stammt, dessen untere Grenze 6 Vol.%, insbesondere 15 Vol.%, und dessen obere Grenze 20 Vol.%, insbesondere 17 Vol.%, beträgt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass von dem aus der Verbrennungs-Anlageneinheit (17) abgeleiteten Rauchgas eine Teilmenge vor dem Zuleiten in die Zumischvorrichtung (9) abgezweigt wird, diese Teilmenge des Rauchgases durch einen Wärmetauscher (14) hindurchgeleitet und die Rauchgastemperatur reduziert wird und nachfolgend das abgezweigte Rauchgas der Verbrennungs-Anlageneinheit (17) zur Verbrennung zugeleitet wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass Umgebungsluft als das den Sauerstoff (O_2) enthaltende Gas durch den Wärmetauscher (14) hindurchgeleitet und die Temperatur mittels des hindurchgeleiteten Rauchgases erhöht wird und nachfolgend die Umgebungsluft der Zumischvorrichtung (9) zugeleitet und dem Rauchgas zudosiert wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Trocknungsvorrichtung (4) gebildete Ammoniumsulfit ($(NH_4)_2SO_3$) und/oder das Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$) gemeinsam mit der getrockneten Biomasse (5) der Verbrennungs-Anlageneinheit (17) zugeführt werden oder wird.

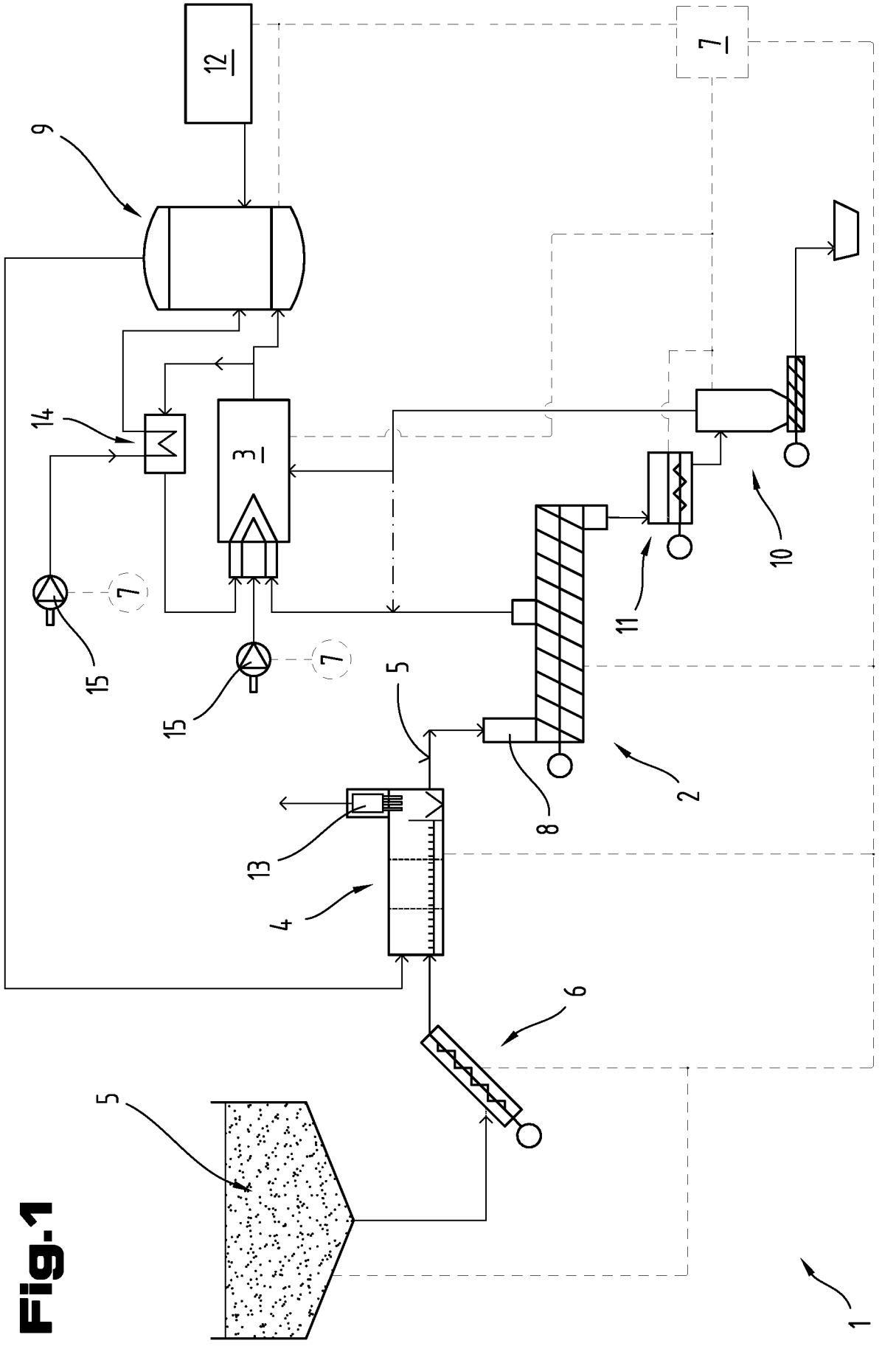


Fig.1

Next Generation Elements GmbH

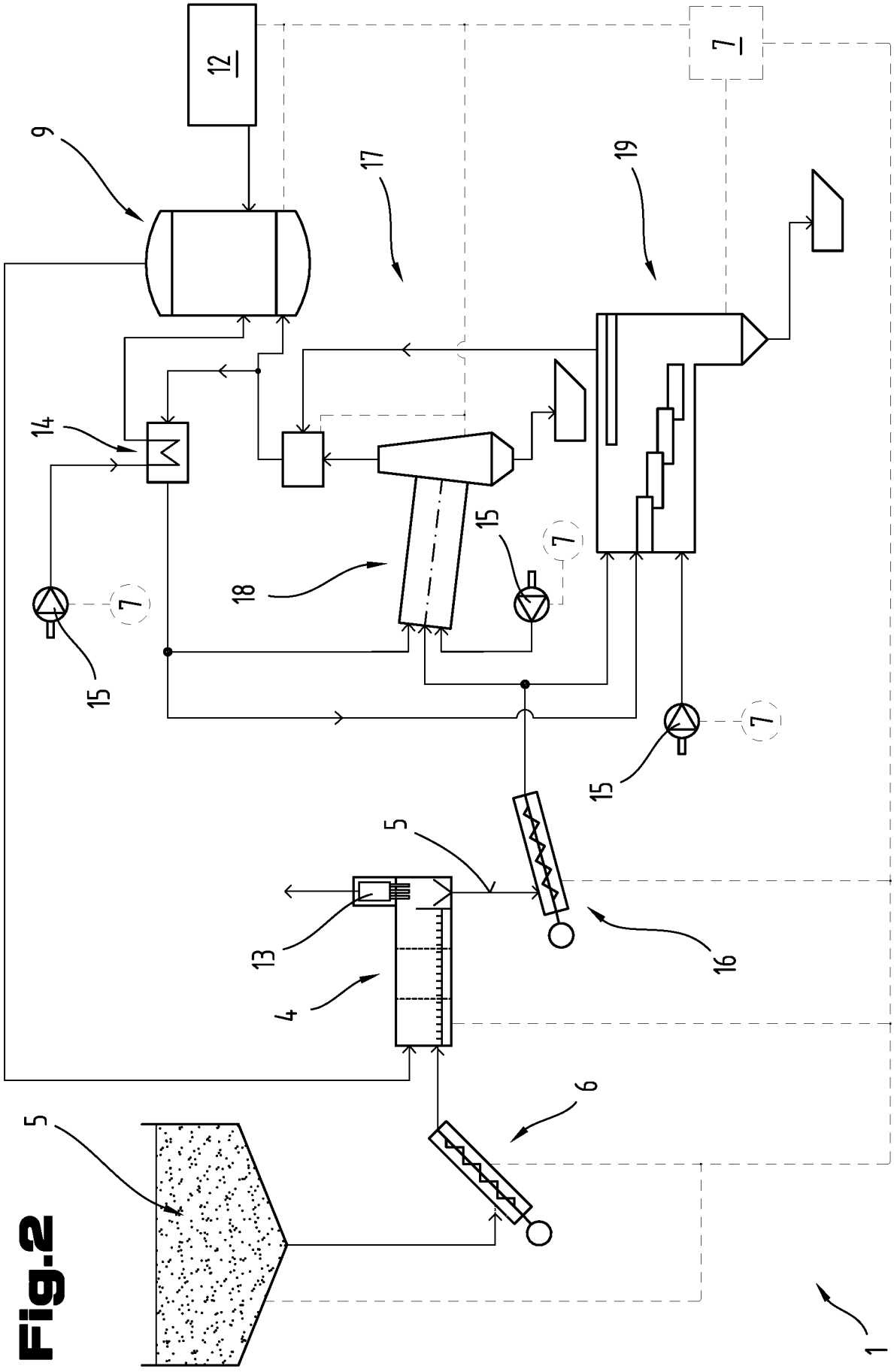


Fig.2

Next Generation Elements GmbH