

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur energetischen Nutzung von Ersatzbrennstoffen, insbesondere Abfällen, das eine Pyrolyse der Ersatzbrennstoffe umfasst. Ferner betrifft die Erfindung eine Pyrolysegasanlage zur Pyrolyse von Ersatzbrennstoffen und zur Lieferung von bei der Pyrolyse entstehenden Pyrolysegasen an einen Pyrolysegasverbraucher zur Verwertung der Pyrolysegase. Schließlich betrifft die Erfindung eine Kombination aus einer derartigen Pyrolyseanlage und einer Feuerungsanlage zur Verfeuerung der entstehenden Pyrolysegase.

[0002] Bekannt ist, Pyrolyseverfahren einzusetzen, um in Kraftwerken Ersatzbrennstoffe zu verfeuern.

[0003] Unter Ersatzbrennstoffen sollen nachfolgend alle solche brennbaren Gegenstände verstanden werden, die aus ihren Rohstoffen nicht zur Verwendung als Brennstoff hergestellt wurden. Hierunter fallen bspw. Haus- oder Sperrmüll, Reste aus Sortieranlagen, Abfälle aller Art oder Gewerbeabfälle. Hierbei soll es keinen Unterschied machen, ob eine Vorbehandlung dieser Gegenstände durchgeführt wurde oder nicht. Als Vorbehandlung kommen beispielsweise Sieben, Zerkleinern, Pellettieren, Trocknen, Quetschen, Kompostieren oder Eindampfen in Betracht. Wird beispielsweise Sperrmüll zerkleinert, um die Beschickung eines Kessels zu erleichtern, so soll sowohl der Sperrmüll, als auch der zerkleinerte Sperrmüll als Ersatzbrennstoff angesehen werden.

[0004] Ein solches Verfahren zur energetischen Nutzung von Ersatzbrennstoffen ist in einem Kohlekraftwerk in der Nähe von Hamm, Deutschland, realisiert worden. Es handelt sich bei diesem Kraftwerk um ein übliches Steinkohlekraftwerk, dem eine Pyrolyseanlage vorgeschaltet ist. Die Ersatzbrennstoffe werden in dieser Pyrolyseanlage zunächst pyrolysiert, wobei Pyrolysegas und Pyrolysekoks entstehen.

[0005] Das Pyrolysegas wird zusammen mit der Kohle im Kessel verfeuert, wohingegen der Pyrolysekoks zunächst aufbereitet und dabei von Metallen befreit wird. Anschließend wird er der Kohle zugemischt, in den Kohlemühlen zusammen mit der Steinkohle gemahlen und anschließend ebenfalls im Kessel verbrannt. Auf diese Art und Weise können 10% der Steinkohle durch Ersatzbrennstoffe substituiert werden.

[0006] Es ist zu erwarten, dass eine weitere Erhöhung dieses Anteils nicht möglich ist, da die in den Ersatzbrennstoffen enthaltenen Inhaltstoffe zu einem nicht akzeptablen Verschleiß des Kessels führen würden. Eine derartige Erhöhung des Anteils an Ersatzbrennstoffen, z.B. bis hin zu einem in Deutschland gesetzlich zugelassenen Wert von 25%, ist je-

doch gewünscht, da dadurch nicht nur die Kosten für die Beschaffung der Steinkohle sinken, sondern andererseits sogar durch die Verwertung der Ersatzbrennstoffe (insbesondere Haus-, Gewerbe- und Sperrmüll) zusätzliche Einnahmen erzielt werden können.

[0007] Bekannt sind ferner Müllverbrennungsanlagen, die zum Zweck der Beseitigung von Abfällen aller Art gebaut werden. Dabei wird beispielsweise unter Nutzung des Pyrolyseverfahrens das Schwel-Brenn-Verfahren eingesetzt. Hierbei wird der Müll zunächst pyrolysiert. Aus dem entstehenden Pyrolysekoks werden Eisen und Nichteisenmetalle, sowie inerte Bestandteile ausgesondert. Anschließend wird der verbleibende Rest des Pyrolysekoks zusammen mit dem Schwelgas in einem Kessel verbrannt.

[0008] Bei Anlagen, die nach diesem Verfahren betrieben werden, steht – im Gegensatz zu Kraftwerken – der Aspekt der Beseitigung von Müll im Vordergrund. Auch bei Müllverbrennungsanlagen wird der Wärmeinhalt des Mülls beispielsweise zur Stromerzeugung, aber auch zur Fernwärmeerzeugung genutzt. Hierbei handelt es sich jedoch um ein „erwünschtes Nebenprodukt“. Müllverbrennungsanlagen sind insbesondere speziell auf die im Müll enthaltenen aggressiven Substanzen und auf die inhomogene Zusammensetzung hin ausgelegt. So werden beispielsweise im Kessel geringere Dampftemperaturen und -drücke erreicht und ein hoher Luftüberschuss für die Feuerung benötigt. Die Kesselrohre bestehen aus besonders resistenten und damit auch teuren Materialien. Aus den geringeren Dampftemperaturen und -drücken sowie dem hohen Luftüberschuss resultiert ein deutlich geringerer elektrischer und thermischer Wirkungsgrad der Müllverbrennungsanlage im Vergleich zu Kraftwerken.

Aufgabenstellung

[0009] Nach alledem liegt der Erfindung das technische Problem zugrunde, die Verwertung von Ersatzbrennstoffen zu verbessern.

[0010] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem der entstehende Pyrolysekoks in einer Feuerungsanlage verfeuert wird, die von der Stelle räumlich getrennt ist, an der die entstehenden Pyrolysegase verwertet werden.

[0011] Das Problem wird ferner durch eine Pyrolyseanlage der eingangs genannten Art gelöst, bei der zumindest eine Feuerungsanlage zur Verfeuerung des entstehenden Pyrolysekoks vorgesehen ist, die vom Pyrolysegasverbraucher räumlich getrennt ist.

[0012] Schließlich wird das Problem durch eine Kombination der eingangs genannten Art gelöst, bei

der eine von der Feuerungsanlage zur Verfeuerung der entstehenden Pyrolysegase räumlich getrennte, weitere, der Verbrennung des Pyrolysekoks dienende Feuerungsanlage vorgesehen ist.

[0013] Bei den Temperaturen, die in den Brennkammern oder Kesseln von Dampfkraftwerken herrschen, sind insbesondere Chlorverbindungen hochgradig aggressiv und führen zu einer schnellen Korrosion der metallischen Komponenten. Der Anteil an Chlorverbindungen ist in Ersatzbrennstoffen in der Regel deutlich höher als beispielsweise in Steinkohle oder Mineralöl.

[0014] Bei der Pyrolyse kommt es zu chemischen Reaktionen der Chlorverbindungen mit basischen Bestandteilen des Ersatzbrennstoffes. Es hat sich herausgestellt, dass ein wesentlicher Anteil von aggressiven Chlorverbindungen im entstehenden Pyrolysekoks enthalten ist.

Stand der Technik

[0015] Diese saure Schadgaseinbindung im Drehrohrofen der Pyrolyseanlage durch Zusatz von Basen wird bereits an einer anderen großtechnischen Pyrolyseanlage seit Jahren erfolgreich angewandt; es handelt sich dabei um die Pyrolyseanlage in Burgau, Deutschland, mit einem Durchsatz von etwa 6 Mg/h (siehe EP 0 022 214 B1 und EP 0 819 233 B1).

[0016] Dabei erreicht man eine Einbindung des Chlors in Kalk in Form von Calciumchlorid von etwa 80 %, der zusammen mit den festen Pyrolyserückständen ausgetragen wird. Diese noch kohlenstoffhaltigen Rückstände werden bei dieser Anlage nicht thermisch verwertet, sondern in einer Monodeponie abgelagert.

[0017] Bei einer Mitverbrennung des Pyrolysekoks mit dem Pyrolysegas würde sich das im Rückstand enthaltene Calciumchlorid mit dem in den entstehenden Rauchgasen immer enthaltenen Wasserdampf bei hohen Verbrennungstemperaturen, bspw. von 1250°C in der o.g. Anlage von Burgau, größtenteils wieder zu Chlorwasserstoff zersetzen und die Chloreinbindung im Drehrohrofen wieder aufheben.

[0018] Deswegen wird an der o.g. Anlage in Hamm den Ersatzbrennstoffen kein basisches Material wie bei der Anlage in Burgau zugemischt, da in diesem Fall durch die Zugabe des Feinanteils der Rückstände zur Kohle das gebildete Calciumchlorid in der Feuerung mit dem im Rauchgas vorliegendem Wasserdampf sich wieder zu Chlorwasserstoff umsetzen und der Vorteil der Chlorwasserstoff-Einbindung im Drehrohrofen durch Zugabe einer Base wie z. B. Kalk sich damit wieder aufheben würde.

[0019] Dadurch, dass aber der entstehende Pyroly-

sekoks erfindungsgemäß in einer Feuerungsanlage verfeuert wird, die von der Stelle räumlich getrennt ist, an der die entstehenden Pyrolysegase verwertet werden, wird ein großer Teil der Schadstofffrachten, insbesondere der Chlorfrachten, von der Stelle ferngehalten, an der die entstehenden Pyrolysegase verwertet werden. Werden die Pyrolysegase bspw. im Kessel eines Steinkohlekraftwerks verfeuert, so wird durch diese Maßnahme die Hochtemperaturchlorkorrosion am Kessel vermindert bzw. erheblich reduziert. Das ist von Vorteil, da die Kessel von Steinkohlekraftwerken regelmäßig nur für die geringen Chlorkonzentrationen in Steinkohlerauchgasen ausgelegt sind.

[0020] Das hat zur Folge, dass mit Hilfe der Erfindung der Anteil an Ersatzbrennstoffen am gesamten Brennstoffbedarf deutlich gesteigert werden kann. Durch die im Verhältnis zum Pyrolysekoks relativ geringen Chlorgehalte im Pyrolysegas kann daher das Pyrolysegas in Anlagen verwertet werden, die für Brennstoffe mit niedrigen Chlorgehalten ausgelegt sind, ohne kritische Schädigungen durch Hochtemperaturchlorkorrosion erwarten zu müssen. Wird die Erfindung bspw. in einem mit Kohle, insbesondere Stein- oder Braunkohle, befeuerten Kraftwerk eingesetzt, so kann dadurch die Menge an Kohle verringert werden. Hierdurch ergibt sich eine Ersparnis an Brennstoffkosten. Gleiches gilt auch für den Einsatz der Pyrolysegase in Gas- oder Öl- oder sonstigen fossilen befeuerten Kraftwerken oder Biomassekraftwerken oder Müllverbrennungsanlagen bei entsprechender Rauchgasreinigung. Werden als Ersatzbrennstoffe Abfälle, insbesondere Müll eingesetzt, so können zusätzliche Erlöse realisiert werden.

[0021] Insgesamt ermöglicht somit die Erfindung die Verbesserung der energetischen Nutzung von Ersatzbrennstoffen, insbesondere in Kraftwerken. Ferner können in Müllverbrennungsanlagen dank niedriger Anteile an Schadstofffrachten die Dampfparameter erhöht und die Luftzahl verringert werden, wodurch der Wirkungsgrad derartiger Anlagen erhöht werden kann.

[0022] Unter der Verwertung der Pyrolysegase ist nicht ausschließlich eine Verfeuerung in einem Kessel zu verstehen. Andere Möglichkeiten sind bspw. der Einsatz zur Ofenbeheizung in Zementwerken, Ziegelsteinwerken, Kalkwerken oder Glaswerken. Da in den Pyrolysegasen insbesondere Kohlenwasserstoffverbindungen enthalten sind, ist auch ein Einsatz zur Synthese, in Reduktionsprozessen und in der chemischen Industrie möglich.

[0023] Bevorzugt werden die Pyrolysegase in einem Kohlekraftwerk, insbesondere einem trockenentastchten Steinkohlekraftwerk, verfeuert. Bei Kohlekraftwerken ist der Abzug der Asche ein wichtiger Einflussfaktor. Es haben sich zwei wichtige Bauarten

durchgesetzt: die trockenentaschte Bauweise und die Schmelzkammerfeuerung.

[0024] Bei Schmelzkammerfeuerungen liegt die Temperatur im Kessel oberhalb des Schmelzpunktes der Asche, so dass die Aschepartikel aufschmelzen und sich zu einem großen Teil an den Kesselwänden als Schlacke niederschlagen, abfließen und über ein Wasserbad abgezogen werden. Es hat sich dabei herausgestellt, dass insbesondere stark chlorhaltige Rauchgase und Aschen mit hohem Alkali- und Erdalkaligehalten zu einem großen Verschleiß am Kessel führen. Ersatzbrennstoffe weisen häufig eine hohe Konzentration an Chlorverbindungen, Alkalien und Erdalkalien, sowie einen insgesamt hohen Aschegehalt, auf. Aus diesem Grund kann in Schmelzkammerfeuerungen bei Einsatz eines Verfahrens nach dem Stand der Technik nur ein geringer Anteil an Ersatzbrennstoffen eingesetzt werden. Dank der Erfindung gelangt aber wegen des Verbleibs eines wesentlichen Anteils von Chlorverbindungen im Pyrolysekoks nur ein geringer Anteil derartiger Verbindungen in die gemeinsame Verfeuerungsstelle von Primärbrennstoffen (z.B. Kohle) und Pyrolysegas, nämlich den Kessel, so dass ein höherer Anteil an Ersatzbrennstoffen eingesetzt werden kann, ohne einen erhöhten Verschleiß des Kessels befürchten zu müssen.

[0025] Bei der zweiten wichtigen Bauform von Kohlekraftwerken, den trockenentaschten Kohlekraftwerken, liegt die Temperatur im Feuerraum unterhalb der Schmelztemperatur der Asche. Es schlägt sich daher an der Innenseite des Kessels keine flüssige Schlacke nieder. Die Kesselrohre kommen direkt in Kontakt mit den heißen Rauchgasen. In diesem Fall spielt die Chlorkonzentration im Rauchgas und Alkali- und Erdalkalikonzentration in der Asche ebenfalls eine wichtige Rolle für den Verschleiß der Kesselrohre. Um einen vorzeitigen Verschleiß zu verhindern, muss die Konzentration an Chlor in den Rauchgasen und Alkali- und Erdalkalikonzentration in der Asche möglichst gering gehalten werden. Dadurch, dass beim erfindungsgemäßen Verfahren ein Großteil der Chlor-, Alkali- und Erdalkalifracht im Pyrolysekoks verbleibt und nur geringe Anteile ins Pyrolysegas übergehen, kann auch hier der Anteil an Ersatzbrennstoffen gesteigert werden, ohne dass eine erhöhte Chlorkorrosion im Kessel zu befürchten ist.

[0026] Der Kessel bei trockenentaschten Kohlekraftwerken ist zudem empfindlich gegenüber basischen Aschen. Ersatzbrennstoffe enthalten oft einen besonders hohen Anteil an basische Aschen bildenden Stoffen. Da diese beim erfindungsgemäßen Verfahren im Pyrolysekoks gebunden sind und vom Pyrolysegas getrennt verfeuert werden, wird einer aus basischen Aschen entstehenden Korrosionsgefahr vorgebeugt.

[0027] Neben der Hochtemperaturkorrosion stellt bei Feuerungsanlagen mit Entstickungskatalysator, ausgeführt als High-Dust- DeNOx-Anlage, die Deaktivierung des Katalysators ein großes Problem bei der Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen dar. Durch die Pyrolyse verbleiben die Katalysatorgifte wie z.B. Phosphat, Fluorwasserstoff, Arsen, Vanadium, Selen im Pyrolysekoks, so dass das Pyrolysegas somit frei von Katalysatorgiften mitverbrannt werden kann.

[0028] Ferner ist es vorteilhaft, dass die Pyrolysegas zu Beheizung eines Ofens, insbesondere eines Zementofens eingesetzt werden. In der Zementherstellung werden bereits seit langer Zeit Ersatzbrennstoffe verwertet. Es hat sich jedoch gezeigt, dass es dabei zu einem hohen Übertritt von Chromverbindungen und anderen umweltrelevanten Schwermetallen aus den verwendeten Ersatzbrennstoffen in den Zement kommt, was nicht erwünscht ist. Bei der Erfindung verbleibt ein Großteil der Schwermetall- und damit auch Chromfracht im Pyrolysekoks, so dass das Pyrolysegas nur einen geringen Schwermetall- und damit Chromanteil aufweist. Aus diesem Grund kommt es bei der Beheizung eines Zementofens mit Pyrolysegas nur zu einer geringen Schwermetall- und damit Chromanreicherung im Zement. Damit kann der Anteil an Ersatzbrennstoffen an der Gesamtbrennstoffmenge erhöht werden, ohne dass die Schwermetall- und damit Chromkonzentration im Zement zunimmt.

[0029] Auch bei Kohlekraftwerken spielt die Verwertung der Filterstäube eine immer wesentlichere Rolle bei der Auswahl der einzusetzenden Ersatzbrennstoffe. Negative Beeinflussung der Filterstäube durch die Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen kann durch das erfindungsgemäße Verfahren wesentlich reduziert werden.

[0030] Neben der reduzierten Belastung der Feststoffe an Schwermetallen bei einer Nutzung von Pyrolysegas in einer Feuerungsanlage im Vergleich zum direkten Einsatz der Ersatzbrennstoffe, kann auch die reduzierte Emissionsfracht an Schwermetallen im Rauchgas der Feuerungsanlage von Pyrolysegas entscheidend für eine Genehmigung zur Mitverbrennung sein.

[0031] Es hat sich gezeigt, dass der Austrag von Schadstoffen aus den Ersatzbrennstoffen in das Pyrolysegas dann besonders niedrig ist, wenn die Pyrolyse bei einer Temperatur kleiner oder gleich 550°C durchgeführt wird.

[0032] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden als Ersatzbrennstoffe Siedlungsabfälle, insbesondere Haus- oder Sperrmüll und/oder daraus hergestellte brennbare Fraktionen eingesetzt. Derartige Siedlungsabfälle fallen in großer Menge an

und müssen regelmäßig aufgrund gesetzlicher Vorgaben entsorgt oder verwertet werden. Aus diesem Grund wird für die Entsorgung derartiger Siedlungsabfälle ein Entgelt gezahlt. Gleichzeitig weisen derartige Siedlungsabfälle jedoch einen Heizwert auf, der zur Substitution von Primärenergieträgern verwendet werden kann. Es ergibt sich somit bei der Verwendung von Siedlungsabfällen ein doppelter Kostenvorteil; einerseits werden Brennstoffkosten gespart, andererseits wird für die Entsorgung der Siedlungsabfälle Entgelt gezahlt.

[0033] Um die Ersatzbrennstoffe möglichst vollständig zu pyrolysieren, ist es vorteilhaft, für die gute Durchmischung zu sorgen. Eine gute Durchmischung führt zusätzlich dazu, dass ein besonders hoher Anteil an säurebildenden Substanzen, wie Chlor- oder Schwefelverbindungen, mit säurebindenden Substanzen, wie basischen Verbindungen, in Kontakt kommt. Es ist daher bevorzugt, die Pyrolyse in einem Drehrohrofen, insbesondere einem indirekt beheizten Drehrohrofen durchzuführen.

[0034] Aufgrund der relativen Schadstoffarmut der Pyrolysegase kann zur Heizung des Pyrolyseofens Pyrolysegas eingesetzt werden. So wird Erdgas gespart, das ansonsten für die Beheizung eingesetzt werden müsste. Es ist daher bevorzugt, dass der Drehrohrofen mit wenigstens einem Teil des Pyrolysegases beheizt wird.

[0035] Vorzugsweise wird der bei der Pyrolyse entstehende Pyrolysekoks aus dem Drehrohrofen trocken ausgetragen. Unter einem trockenen Austrag ist dabei zu verstehen, dass der Pyrolysekoks nach dem Verlassen des Drehrohrofens kein Wasserbett passiert, wie es beim sog. nassen Austrag der Fall ist. Vorteilhaft hieran ist, dass im weiteren Verlauf des Verfahrens keine zusätzliche Energie zum Verdampfen des Wassers aufgewendet werden muss.

[0036] Bei der Pyrolyse können einzelne Bestandteile des Ersatzbrennstoffs miteinander verklumpen. Das ist unerwünscht, da derartige Klumpen einerseits eine im Verhältnis zum Volumen geringe Oberfläche haben und daher nur langsam pyrolysieren. Andererseits müssen derartige Klumpen vor einer Verfeuerung des Pyrolysekoks aufwändig zerkleinert werden. Es ist daher bevorzugt, Ketten im Pyrolyseofen vorzusehen. Dadurch wird die Verklumpung des Ersatzbrennstoffs bei der Pyrolyse verringert. Durch die selektive Zerkleinerungswirkung der Ketten wird bevorzugt Pyrolysekoks zerkleinert.

[0037] In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass der bei der Pyrolyse entstehende Pyrolysekoks mittels eines Windsichters in eine im wesentlichen aus inertem Material bestehende Schwerfraktion und eine kohlenstoffreiche Feinfraktion aufgetrennt wird. Es hat sich herausgestellt, dass

die Schwerfraktion direkt deponiert bzw. Baumaterialien zugeschlagen werden kann. Alternativ können zunächst die hierin enthaltenen Metallanteile abgetrennt und der Wiederverwertung zugeführt werden. Da durch die selektive Zerkleinerungswirkung der Ketten diese Schwerfraktion wenig Kohlenstoffverbindungen enthält, wird dem Stoffstrom zudem nur wenig Heizwert entzogen.

[0038] Es ist bevorzugt vorgesehen, dass der Pyrolysekoks in einer Wirbelschichtenanlage verfeuert wird. Hierdurch erreicht man bspw. im Vergleich zu Rostfeuerungen einen höheren Wirkungsgrad und besseren Abbrand. Durch die selektive Zerkleinerungswirkung der Ketten und der Klassierung durch die Windsichtung ist eine weitere Aufbereitung des Pyrolysekoks vor der Wirbelschichtverbrennung nicht erforderlich.

[0039] Vorteilhafterweise wird der Pyrolysekoks in einer zirkulierenden Wirbelschichtenanlage verfeuert, die insbesondere einen Fließbettkühler aufweist.

[0040] Vorteilhaft ist, wenn Schlämme, insbesondere Klär- und/oder Industrieschlämme und/oder -stäube zusammen mit dem Pyrolysekoks verfeuert werden. Klärschlämme fallen in großen Mengen an. Sie enthalten teilweise Schadstofffrachten, so dass ein Ausbringen auf Feldern oder eine andere direkte Entsorgung in der Natur unerwünscht sind. Eine bezüglich der Schadstofffrachten günstige Lösung ist die Verbrennung. Aufgrund des hohen Wassergehalts ist die Verbrennung von Klärschlämmen in der Regel nur unter Energieaufwand möglich. Bei der Klärschlammverbrennung muss daher entweder eine vorhergehende thermische Trocknung durchgeführt oder mit einem Stützfeuer während der Verbrennung gearbeitet werden. Wird der Klärschlamm zusammen mit dem Pyrolysekoks verbrannt, so können die Energiekosten für diese Stützfeuer oder eine vorhergehende thermische Trocknung eingespart werden.

[0041] Je nach Mischungsverhältnis von Pyrolysekoks, feuchten Schlämmen, wie bspw. Klärschlämmen, und ggf. heizwertreichen Stäuben und geeigneten Ersatzbrennstoffen kann eine Feuerraumtemperatur im Wirbelschichtofen von 850°C – 900°C eingestellt werden, wodurch keine der Korrosion ausgesetzten Heizflächen im Feuerraum benötigt werden. Die Energienutzung erfolgt somit über die Abkühlung der Rauchgase nach dem Wirbelschichtofen über einen Abhitzekeessel. Der erzeugte Dampf kann am Standort der Pyrolysegasverwertung genutzt werden. Zusätzlich oder statt der Dampferzeugung kann über einen Luftvorwärmer heiße Frischluft für die Brennkammer zur Erzeugung von Rauchgasen zur Pyrolysebeheizung erzeugt werden. Eine weitere Variante sieht zusätzlich zur Abkühlung der Rauchgase über einen Dampferzeuger die weitere Abkühlung

der Rauchgase durch einen Gasvorwärmer vor der Rauchgasreinigung und Wiederaufheizung durch den Gasvorwärmer nach der Rauchgasreinigung vor. Die heißen Rauchgase können dann vorzugsweise dem Kohlekraftwerk vor der Frischluftvorwärmung des Kraftwerks zugeführt werden. Der Wärmeinhalt der Rauchgase kann dann als vorgeheizte Frischluft für die Beheizung der Pyrolyse wieder entnommen werden. Somit kann die Energie aus der Pyrolysekoksverbrennung teilweise wieder für die Beheizung der Pyrolyse genutzt werden.

[0042] Vorteilhaft ist neben der Energieverschiebung durch den Luftvorwärmer des Kraftwerks, in dem das Pyrolysegas verbrannt wird, auch die Mitnutzung der Rauchgasreinigung des Kraftwerks für die teilgereinigten Rauchgase aus der Pyrolysekoksverbrennung.

[0043] Es ist daher vorteilhaft, dass sich die Pyrolyseanlage in einem kleinen räumlichen Abstand von der Feuerungsanlage befindet, in der der Pyrolysekoks verfeuert wird. Insbesondere ist bevorzugt, dass der Pyrolysekoks pneumatisch zur Feuerungsanlage gefördert wird.

[0044] Wie oben beschrieben, spielt die im Pyrolysegas enthaltene Schadstofffracht, und hier insbesondere die Chlorfracht, eine entscheidende Rolle für die Verwendbarkeit des Pyrolysegases. Es wurde gefunden, dass die Chlorkonzentration in Pyrolysegas zum Teil deutlich gesenkt werden kann, wenn während der Pyrolyse Säurebinder, wie bspw. Kalk, zugesetzt werden. Während der Pyrolyse binden diese Säurebinder die entstehenden gasförmigen Halogenverbindungen unter der Bildung von Halogeniden und Schwefelverbindungen unter der Bildung u.a. von Sulfiden und Sulfaten. Insbesondere werden gasförmige Chlorverbindungen durch die Bildung von Chloriden gebunden. Es ist daher bevorzugt, dass während der Pyrolyse der Ersatzbrennstoffe wenigstens ein anorganischer Säurebinder, insbesondere Kalk, zugegeben wird.

[0045] Bei einer weiteren Ausführungsform ist eine Pyrolysegasanlage als Vorschaltanlage für ein Dampfkraftwerk vorgesehen. Eine derartige Vorschaltanlage dient zur Auf- oder Nachrüstung eines bereits bestehenden Dampfkraftwerks, bspw. eines Steinkohlekraftwerks, so dass ein höherer Anteil an Ersatzbrennstoffen eingesetzt werden kann.

[0046] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

[0047] Fig. 1 ein schematisches Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens und

[0048] Fig. 2 einen Ausschnitt aus dem Blockdiagramm nach Fig. 1.

[0049] Ein in Fig. 1 schematisch dargestellter Kessel 1 wird mit Kohlestaub und Frischluft versorgt und unterscheidet sich in dieser Hinsicht nicht von einem Kessel eines herkömmlichen, fossil befeuerten Kraftwerks. Es handelt sich bei dem Kessel 1 bspw. um einen trockenentaschten Zweizugkessel mit einer Kohlestaubtangentialfeuerung. Derartige Kessel werden in Leistungsgrößen von ca. 100 MW bis hin zu etlichen hundert Megawatt, bspw. 700 MW, gebaut. Der zum Betrieb des Kessels 1 notwendige Kohlestaub wird aus Steinkohle durch Kohlemühlen hergestellt. Er wird zusammen mit der Frischluft in die Feuerräume eingeblasen und bei rund 1100°C verbrannt. Die bei der Verbrennung entstehende Wärme erhitzt das Speisewasser in den Rohren des Kessels 1, das dadurch auf über 500°C, bspw. 535°C erhitzt wird. Das Speisewasser steht dabei unter einem Druck von über 8 MPa, bspw. 9,5 MPa.

[0050] Die durch die Verbrennung entstehenden Rauchgase verlassen den Kessel 1 und gelangen in die Rauchgasreinigungseinrichtung 2. Diese besteht bspw. aus einer High-Dust- DeNOx-Anlage, also einer Entstickungsanlage, welche bspw. mit Wabenkatalysatoren auf drei Ebenen bestückt ist. Hinter der De-NOx-Anlage ist ein Dreh-Luftvorwärmer 3 angeordnet, der die Rauchgase von 370° auf 130°C bis 150°C abkühlt. Danach erfolgt eine weitere Rauchgasreinigung über ein zweistufiges Elektrofilter 4. Im Elektrofilter 4 werden Aschepartikel mittels elektrostatischer Felder aus dem Rauchgas entfernt. Hinter dem Elektrofilter 4 wird das Rauchgas über einen hier nicht dargestellten Gasvorwärmer (GAVO) auf ca. 80 °C abgekühlt und in eine einstufige Rauchgasentschwefelungsanlage (REA) 5 eingeleitet. Durch Eindüsen von Kalksuspension werden in der REA 5 Schwefeloxide und Halogensäuren gebunden, indem sie mit dem Kalk zu Gips und Kalziumhalogeniden reagieren. Das wasserdampfgesättigte Reingas wird nach der REA 5 vor der Einleitung in den Kamin 6 über den nicht dargestellten GAVO von 45 °C auf ca. 105 °C wieder aufgeheizt. Das Reingas wird über den Kamin 6 in die Atmosphäre abgeleitet.

[0051] Hinsichtlich der bisher beschriebenen Eigenschaften unterscheidet sich die Anlage nicht von herkömmlichen Anlagen.

[0052] Die zusätzlich in der Anlage zu verfeuernden Ersatzbrennstoffe werden in einem hier nicht eingezeichneten Ersatzbrennstoffeingangsbunker aufgenommen und dort gelagert. Die Ersatzbrennstoffe werden bspw. in Ballenform, pelletiert, in Presscontainern oder als lose Schüttung angeliefert und über einen nicht eingezeichneten Kübellift dem Ersatzbrennstoffbunker 7 zugeführt. Die Lagerkapazität des Ersatzbrennstoffeingangsbunkers liegt bei drei Volllasttagen, die des Ersatzbrennstoffbunkers 7 bei ca. 1 Volllaststunde.

[0053] Aus dem Ersatzbrennstoffbunker 7 gelangt der Ersatzbrennstoff in den Drehrohrofen 8. Im Drehrohrofen 8 wird er mit Kalk versetzt und bei einer Temperatur von 550°C unter einem Unterdruck von etwa 1 kPa gegenüber dem jeweiligen Atmosphärendruck pyrolysiert. Um zu verhindern, dass Pyrolysegas aus dem Drehrohrofen entweicht oder Luft in den Drehrohrofen eintritt, erfolgt die Beschickung mittels einer luftdichten Doppelschleuse.

[0054] Während der Pyrolyse bedingt der zugegebene Kalk, dass Säurebildner, insbesondere Halogene und Chalkogene, und hier wiederum insbesondere Fluor-, Chlor- und Schwefelverbindungen, unter Bildung von entsprechenden Kalziumverbindungen reagieren und dadurch gebunden werden.

[0055] Bei der Pyrolyse entstehen Pyrolysegas und Pyrolysekoks. Der Pyrolysekoks gelangt in die Pyrolysekoksaufbereitungseinrichtung 9, die in Fig. 2 detaillierter dargestellt ist und weiter unten erläutert wird.

[0056] Das Pyrolysegas gelangt teilweise, d.h. in einem ersten Teilstrom, in eine der Drehrohrofen 8 beheizende Brennkammer 11, wo es mit vorgewärmter Frischluft verbrannt wird. Die heißen Rauchgase dienen der Heizung des Drehrohrofens 8. Ein zweiter Teilstrom des Pyrolysegas gelangt in den Kessel 1 und wird dort zusammen mit dem Kohlestaub verbrannt. Die aus der Brennkammer 11 zur Heizung des Drehrohrofens 8 verwendeten Rauchgase werden nach dem Passieren des Drehrohrofens ebenfalls in den Kessel 1 geleitet.

[0057] Sollte aufgrund einer Betriebsstörung das Pyrolysegas weder in der Brennkammer 11, noch im Kessel 1 zu verfeuern sein, so wird es über eine hier nicht eingezeichnete Notbrennkammer verfeuert und dann über einen separaten Kamin abgegeben.

[0058] Der im Drehrohrofen entstehende Pyrolysekoks gelangt, wie Fig. 2 zeigt, in die Pyrolysekoksaufbereitung 9. Die verwertbaren Fraktionen aus der Pyrolysekoksaufbereitung 9 werden anschließend in einer Wirbelschichtfeuerung 10 ggf. zusammen mit Klärschlamm und anderen Stäuben verbrannt. Der in Fig. 1 mit A gekennzeichnete Bereich in Fig. 1 wird nachfolgend anhand von Fig. 2 näher erläutert.

[0059] Der aus der Pyrolyse stammende Pyrolysekoks wird zunächst mittels einer Kühlschnecke 12 gekühlt. Der gekühlte Pyrolysekoks gelangt danach in einen Windsichter 13, in dem eine kohlenstoffreiche Leichtfraktion und Schwerstoffe anfallen. Die Schwerstoffe werden nach der Metallabscheidung deponiert oder als mineralische Zuschlagstoffe in Baumaterialien verwendet.

[0060] Die kohlenstoffreiche Leichtfraktion wird in

einem Bunker 14 zwischengelagert. In einem Klärschlamm-Bunker 16 wird Klärschlamm und in einem Staubbunker 17 werden Stäube zwischengelagert.

[0061] Leichtfraktion, Klärschlamm und Stäube werden in die zirkulierende Wirbelschichtfeuerung 18 eingebracht. Das Mischungsverhältnis der vier Komponenten richtet sich dabei nach dem Brennwert von Leichtfraktion, sowie dem Staub bzw. den Stäuben einerseits und dem Wassergehalt und dem Brennwert des Klärschlammes andererseits, sowie nach der jeweiligen Verfügbarkeit der Stoffe. Die Mischung wird dabei so gewählt, dass sichergestellt ist, dass keine Stützfeuerung vonnöten ist. Zusätzlich zu den genannten Stoffen können auch Ersatzbrennstoffe, beispielsweise Altfette oder Altöle, aber auch Tiermehl oder Petrolkoks oder geeignete andere Ersatzbrennstoffe in der Wirbelschichtfeuerung verbrannt werden.

[0062] Die bei der Wirbelschichtfeuerung entstehenden Rauchgase passieren zunächst einen Dampferzeuger 19. Der so erhaltene Dampf wird zum Hilfsdampfsystem geleitet, wodurch am Turbosatz der auch vom Kessel 1 mit Frischdampf versorgt wird, Entnahmedampf eingespart wird und somit Strom erzeugt wird. Nach Austreten aus dem Dampferzeuger 19 tritt das abgekühlte Rauchgas in einen Gasvorwärmer 20 ein, in dem es die Frischluft für die zirkulierende Wirbelschichtfeuerung 18 vorwärmt. In einem nachfolgenden Multi-Zyklon 21 wird ein Großteil der Flugasche aus dem Rauchgas entfernt. Das Rauchgas tritt anschließend in ein Gewebefilter 22 ein, wo weitere feste Bestandteile entfernt werden. Anschließend wird das vorgereinigte Rauchgas der Rauchgasreinigung 2 zugeleitet.

[0063] Um den Quecksilber- und Dioxingehalt des Rauchgases weiter zu reduzieren, kann zwischen dem Multi-Zyklon 21 und dem Gewebefilter 22 ein weiterer Luftvorwärmer vorgesehen sein, der das Rauchgas abkühlt. Anschließend kann mit entsprechenden Absorptionsmitteln, wie bspw. Natriumbicarbonat, Kalk, Herdofenkoks oder Aktivkohle die Konzentration an Schadstoffen im Rauchgas weiter reduziert werden. Das so behandelte Rauchgas wird in diesem Fall anschließend in dem Luftvorwärmer wieder aufgeheizt, in dem es vor dem Eintritt in die zusätzliche Reinigung abgekühlt wurde, und auf diese Weise der Rauchgasreinigung 2 zugeführt.

[0064] Mit dem genannten Verfahren ist es möglich, vorgegebene Emissionsgrenzwerte einzuhalten und zudem besondere Anforderungen der Abfallablagereverordnung zu erfüllen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur energetischen Nutzung von Ersatzbrennstoffen, insbesondere Abfällen, das eine

Pyrolyse der Ersatzbrennstoffe umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass der entstehende Pyrolysekoks in einer Feuerungsanlage (10) verfeuert wird, die von der Stelle (11) räumlich getrennt ist, an der die entstehenden Pyrolysegase verwertet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Pyrolysegase in einem Kohlekraftwerk, insbesondere einem Steinkohlekraftwerk, verfeuert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Pyrolysegase zur Beheizung eines Ofens, insbesondere eines Zementofens, eingesetzt werden.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ersatzbrennstoffe Siedlungsabfälle, insbesondere Haus-, Gewerbe- oder Sperrmüll, und/oder daraus hergestellte brennbare Fraktionen sind.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Pyrolyse in einem Drehrohrofen (8), insbesondere einem indirekt beheizten Drehrohrofen, durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehrohrofen (8) mit wenigstens einem Teil des Pyrolysegases beheizt wird.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Pyrolyse entstehender Pyrolysekoks aus dem Drehrohrofen (8) trocken ausgetragen wird.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der bei der Pyrolyse entstehende Pyrolysekoks mittels eines Windsichters (13) in eine im Wesentlichen aus inertem Material bestehende Schwerfraktion und eine kohlenstoffreiche Feinfraktion aufgetrennt wird.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Pyrolysekoks in einer Wirbelschichtenanlage (10) verfeuert wird.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Pyrolysekoks in einer zirkulierenden Wirbelschichtenanlage (10) verfeuert wird.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Pyrolysekoks in einer zirkulierenden Wirbelschichtenanlage (10) mit Fließbettkühler verfeuert wird.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Schlämme, insbesondere Klär- und/oder Industrieschlämme, und/oder Stäube zusammen mit dem Pyrolysekoks verfeuert werden.

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die entstehenden Rauchgase energetisch genutzt werden.

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die bei der Pyrolysekoksverfeuerung frei werdende Energie zur Beheizung der Pyrolyse bzw. des Pyrolyseofens (8) indirekt durch mittels bei der Pyrolysekoksverfeuerung entstehender heißer Rauchgase vorgeheizte Frischluft und/oder direkt durch diese, insbesondere einer Vorreinigung unterzogenen, heißen Rauchgase genutzt wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die, insbesondere vorgereinigten, Rauchgase, die bei der Verfeuerung des Pyrolysekoks entstehen, in eine Rauchgasreinigung (2) der Feuerungsanlage (1) eingeleitet werden, in der das Pyrolysegas verfeuert wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Pyrolysegasentstaubung anfallender Zyklonstaub ohne weitere Abschlussorgane über ein Förderorgan, insbesondere eine Förderschnecke oder Rutsche, in einen Bereich einer mit dem Pyrolyseofen (8) in Verbindung stehenden Beruhigungskammer, der über eine Trockenschüttung des Pyrolysekoks abgeschlossen ist, zurückgeführt wird.

17. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während der Pyrolyse der Ersatzbrennstoffe wenigstens ein anorganischer Säurebinder, insbesondere Kalk, zugegeben wird.

18. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Pyrolysekoks pneumatisch zur Feuerungsanlage gefördert wird.

19. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Pyrolyse bei einer Temperatur kleiner oder gleich 550°C durchgeführt wird.

20. Pyrolyseanlage zur Pyrolyse von Ersatzbrennstoffen und zur Lieferung von bei der Pyrolyse entstehenden Pyrolysegasen an einen Pyrolysegasverbraucher zur Verwertung der Pyrolysegase, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Feuerungsanlage (10) zum Verfeuern des entstehenden Pyrolysekoks vorgesehen ist, die vom Pyrolysegas-

verbraucher räumlich getrennt ist.

21. Pyrolyseanlage nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch einen Pyrolyseofen (8) zur Durchführung der Pyrolyse und durch in den Pyrolyseofen (8) eingebaute Ketten für eine selektive Zerkleinerung von Ersatzbrennstoffen und/oder Pyrolysekoks während der Pyrolyse.

22. Pyrolyseanlage nach Anspruch 20 oder 21, gekennzeichnet durch Mittel zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 20.

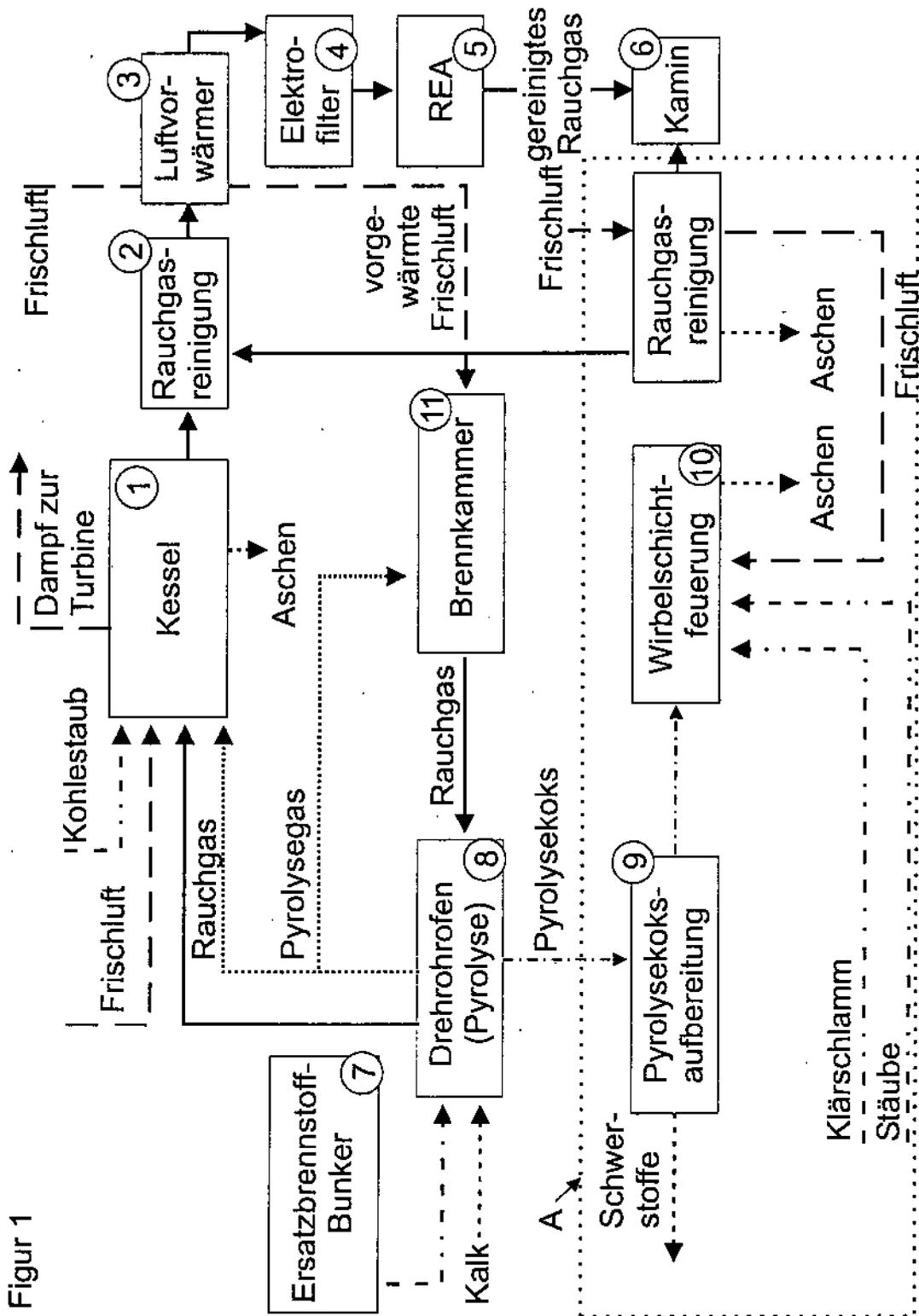
23. Pyrolyseanlage nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie als Vorschaltanlage für ein Dampfkraftwerk ausgebildet ist.

24. Kombination aus einer Pyrolyseanlage nach einem der Ansprüche 20 bis 23 und einer Feuerungsanlage (1) zur Verfeuerung der entstehenden Pyrolysegase, wobei eine von dieser Feuerungsanlage (1) räumlich getrennte, weitere, der Verbrennung des Pyrolysekoks dienende Feuerungsanlage (10) vorgesehen ist.

25. Kombination nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Kraftwerk ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 2

