

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 175/2017
(22) Anmeldetag: 27.04.2017
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2021

(51) Int. Cl.: **B09B 3/00** (2006.01)
C04B 7/26 (2006.01)
C04B 18/08 (2006.01)
C04B 33/135 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 4043831 A
US 4473519 A

(73) Patentinhaber:
Wiener Kommunal-
Umweltschutzprojektgesellschaft mbH
1110 Wien (AT)
Wien Energie GmbH
1030 Wien (AT)

(72) Erfinder:
Huber Florian Dipl.Ing.
1230 Wien (AT)
Blasenbauer Dominik BSc
1030 Wien (AT)

(74) Vertreter:
Häupl & Ellmeyer KG, Patentanwaltskanzlei
1070 Wien (AT)

(54) Verfahren zur Behandlung und Dekontamination von Flugasche

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Behandlung und Dekontamination von Flugasche, umfassend die folgenden Schritte:

- a) Vermischen der Flugasche mit 10 bis 20 Gew.-% Wasser ohne Zusatz sonstiger Bindemittel;
- b) Aufbauagglomeration des erhaltenen Gemischs durch Pelletieren;
- c) Altern der erhaltenen Pellets bei einer Temperatur von nicht mehr als 80 °C, um ein möglichst vollständiges Abbinden des Wasseranteils der Pellets zu erzielen;
- d) Wärmebehandlung der gealterten Pellets bei einer Temperatur von zumindest 450 °C zur Zerstörung organischer Verbindungen und zur Entfernung flüchtiger Schwermetalle; und
- e) gegebenenfalls Versetzen der wärmebehandelten Pellets mit Wasser.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Aufbereitung und insbesondere die Dekontamination von Flugasche durch eine erneute thermische Behandlung des aufbereiteten Materials.

STAND DER TECHNIK

[0002] Derzeit werden staub- bzw. teilchenförmige Verbrennungsrückstände aus der Müllverbrennung, hierin kollektiv als "Flugasche" bezeichnet, entweder mit Zement stabilisiert und anschließend auf einer Reststoffdeponie entsorgt oder auch ohne Vorbehandlung auf einer Untertagedeponie für gefährliche Abfälle entsorgt. Colangelo et al. (J. Hazard. Mater. 299, 181-191 (2015)) offenbaren eine zweistufige Pelletierung von Flugasche, wobei zunächst eine erste Pelletierung unter Verwendung von Zement, Kalk und Kohlenflugasche als Bindemittelsystem und danach eine zweite Pelletierung unter alleiniger Verwendung von Zement als Bindemittel, jeweils auf einem rotierenden Pelletierteller, durchgeführt werden, um die Flugasche in einem von einer Zementhülle umgebenen Kern zu binden. Derartige Pellets sollen zur Verwendung als Baustoffzusätze zu Beton und dergleichen geeignet sein, wodurch sich die Deponierung erübrigt.

[0003] Derartige Lösungsansätze sind allerdings mit hohen Kosten verbunden, auch weil für die Stabilisierung große Mengen an Zement erforderlich sind, dessen Herstellung mit hohem Energieverbrauch und bedeutenden Umweltauswirkungen verbunden ist. Zudem erfolgt keinerlei Dekontamination, was vom Umweltstandpunkt aus höchst problematisch ist.

[0004] Die Patentanmeldung WO 2004/085083 A1 beschreibt ein Verfahren zur Behandlung von staubförmigen Abfallgütern. Diese werden vorkonfektioniert und anschließend dem so genannten "Thermoselect"-Recyclingverfahren zugeführt. Bei der Vorkonfektionierung, die durch Pelletierung, Strangpressen, Brikettierung, Suspendieren bzw. Dispergieren und gegebenenfalls unter Zusatz von Bindemitteln erfolgen kann, werden vorzugsweise Thermoplasten und/oder schwerölhaltige oder ähnliche heizwertereiche Bindemittel eingesetzt, die beim Erhitzen zum sofortigen Zerfall des vorkonfektionierten Abfallguts führen. Dadurch wird ein deutlich verbesserter Wärmertrag erzielt. Die beim Zerfall entstehenden Partikel werden im "Thermoselect"-Hochtemperaturreaktor in die dort vorliegende Schmelze eingebunden. Allerdings ist eine derartige Vorkonfektionierung, bei der das Risiko besteht, dass das vorkonfektionierte Abfallgut beim Erhitzen zerfällt, nicht für die Behandlung von staubförmigen Abfällen in Müllverbrennungsanlagen mit Rostfeuerung, Drehrohrfeuerung oder Wirbelschichtfeuerung geeignet, da hier wesentlich geringere Temperaturen vorliegen und die Asche daher keine Schmelze bildet. Die beim Zerfall des vorkonfektionierten Abfallguts entstehenden Partikel würden daher mit dem Rauchgasstrom ausgetragen und (erneut) als Teil der Flugasche abgeschieden werden.

[0005] Koralweska (R. Koralweska, "Verfahren zur Inertisierung von Aschen/Schlacken aus der Rostfeuerung" in: Aschen, Schlacken, Stäube aus Abfallverbrennung und Metallurgie, S. 423-435, TK-Verlag, Neuruppin (2013)) beschreibt ein Verfahren, bei dem ein Teil der in einer Müllverbrennungsanlage entstehenden Flugasche in den Müllbunker zurückgeführt wird. Auch hier erfolgt die Einbindung der Flugasche durch die außerordentlich hohen Temperaturen des Brennbetts ($> 1.150\text{ }^{\circ}\text{C}$), wobei keine Vorkonfektionierung erfolgt. Die hohe Temperatur wird durch die Kombination aus Sauerstoffanreicherung der Verbrennungsluft und Abgasrezirkulation erreicht.

[0006] Auch die vorliegenden Erfinder haben bereits ein Verfahren zur thermischen Behandlung von Flugasche aus der Müllverbrennung zusammen mit brennbaren gefährlichen Abfällen in einem Drehrohrföfen beschrieben (Huber et al., Waste Management 58, 181-190 (2016)). Dabei wird die Flugasche vorbereitend mit Wasser befeuchtet, um Staubemissionen während des Transports zu vermeiden. Bei dieser Vorbehandlung besteht allerdings ein hohes Risiko für unerwünschte Klumpenbildung, und die Temperatur im Müllbunker steigt als Folge der chemischen Reaktion zwischen Flugasche und Wasser an. Aufgrund dieser Nachteile ist eine sichere und kontinuierliche Beschickung des Drehrohrföfens mit befeuchteter Flugasche nur schwer möglich.

[0007] In US 4.043.831 A wird ein Verfahren zur Herstellung von Flugaschepellets mit definierter Dichte beschrieben. Das Verfahren umfasst zweimaliges Klassieren (der Asche und der Pellets),

dazwischen das Versetzen der Asche mit Wasser und gleichzeitiges Pelletieren mittels Trommel oder Teller, gefolgt von Taumeltrocknung der klassierten Pellets, um Wasser aus den Pellets zu quetschen und einen Pellet-Wassergehalt von 10-20 % zu erreichen, Abtrocknen des herausgequetschten Wassers, Vorsintern bei zumindest 1000°C, sowie abschließendes Sintern unterhalb der Erweichungstemperatur. Bei diesem Verfahren wird die Flugasche allerdings während des Pelletierens mit relativ großen Wassermengen von bis zu 80 Gew.-% versetzt, wodurch die Ausbildung von einzelnen Pellets behindert wird, da es regelmäßig zu Verklumpung kommt. Zudem wird das Wasser danach durch die Taumeltrocknung wieder aus dem Gemisch herausgequetscht und anschließend durch Trocknung, die vorzugsweise bei Temperaturen rund um den Siedepunkt erfolgt, vollständig entfernt. Für hydraulische Abbindevorgänge der Flugasche steht gemäß diesem Verfahren nur die Dauer des Pelletiervorgangs zur Verfügung, weswegen während des (Vor-)Sinterns große Mengen der Flugaschekomponenten ausgetragen werden können.

[0008] US 4.473.519 A offenbart das Vermischen von Flugasche mit 12-14% Wasser unter optionalem Zusatz von Bindemittel (Kalk, Bentonit) zum Zwecke des Pelletierens auf einem Pelletierteller, unmittelbar gefolgt von einer Trocknung für etwa 450 s (7,5 min) bei etwa 350 °C und einer Wärmebehandlung bei Temperaturen zwischen 650 °C und 900 °C, um vor allem Eisen zu Fe(III) zu oxidieren, worauf ein Brennvorgang bei etwa 1250 °C erfolgt, um die Pellets oberflächlich zu sintern, ohne ein Zusammensintern der Pellets zu bewirken, und abschließendes Abkühlen der gebrannten Pellets. Auch in diesem Fall können hydraulische Abbindevorgänge der Flugasche ausschließlich während des Pelletierens erfolgen, so dass es auch in diesem Verfahren relativ große Anteile der Flugasche beim Bannen und Sintern entweichen können.

[0009] Somit ermöglicht keines der oben beschriebenen Verfahren eine sichere Dekontamination durch kontinuierliche thermische Behandlung von Flugasche bei Temperaturen, wie sie in der Rostfeuerung, Wirbelschichtfeuerung oder in einem Drehrohrofen üblicherweise eingesetzt werden.

[0010] Ziel der Erfindung war daher, die beschriebenen Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und ein alternatives Verfahren zur Behandlung von staubförmigen Verbrennungsrückständen, insbesondere zur Dekontamination von Flugasche zu entwickeln.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0011] Dieses Ziel erreicht die vorliegende Erfindung durch Bereitstellung eines Verfahrens zur Behandlung und Dekontamination von Flugasche, umfassend die folgenden Schritte:

- a) Vermischen der Flugasche mit 10 bis 20 Gew.-% Wasser ohne Zusatz sonstiger Bindemittel;
- b) Aufbauagglomeration des erhaltenen Gemischs durch Pelletieren;
- c) Altern der erhaltenen Pellets bei einer Temperatur von nicht mehr als 80 °C, um ein möglichst vollständiges Abbinden des Wasseranteils der Pellets zu erzielen;
- d) Wärmebehandlung der gealterten Pellets bei einer Temperatur von zumindest 450 °C zur Zerstörung organischer Verbindungen und zur Entfernung flüchtiger Schwermetalle; und
- e) gegebenenfalls Versetzen der wärmebehandelten Pellets mit Wasser.

[0012] Durch ein solches Verfahren gemäß vorliegender Erfindung können mit geringem Material- und apparativem Aufwand und auf kostengünstige Weise aus Flugasche oder anderen staub- oder teilchenförmigen Abfallprodukten von Verbrennungsvorgängen sowie Wasser, d.h. ohne Zusatz sonstiger Bindemittel, Pellets mit hoher Stabilität und Festigkeit hergestellt werden, die während der erfindungsgemäßen erneuten Wärmebehandlung des pelletierten Materials ihre Struktur im Wesentlichen beibehalten und in der Folge, gegebenenfalls nach einer abschließenden Wasserbehandlung, problemlos deponierbar sind.

[0013] Mit "ohne Zusatz sonstiger Bindemittel" ist gemeint, dass es gemäß vorliegender Erfindung nicht erforderlich ist, Bindemittel wie Zement und dergleichen zuzusetzen, da bei geeigneter Wahl der Wassermenge die Festigkeit der in Schritt b) erhaltenen Pellets für die weitere Behandlung ausreicht. Natürlich können jedoch in Spezialfällen, abhängig von der Zusammensetzung der Flugasche, auch geringe Anteile an Bindemitteln zugesetzt werden, um die Pellets zusätzlich zu stabilisieren. Deren Anteil sollte jedoch möglichst gering gehalten werden, um die Austragbar-

keit von Schwermetallen oder dergleichen während der Wärmebehandlung in Schritt d) nicht nennenswert zu beeinträchtigen.

[0014] Die Pellets werden gemäß vorliegender Erfindung nicht gepresst, sondern auf wirtschaftliche Weise mittels Aufbauagglomeration, vorzugsweise unter Verwendung eines Pelletiertellers oder einer Pelletiertrommel, hergestellt. Diese Art der Agglomeration zeichnet sich zudem durch ein besonders geringes Verschleiß- und Korrosionsrisiko aus. Dabei kann gemäß vorliegender Erfindung das Vermischen mit Wasser auch erst im Wesentlichen gleichzeitig mit der Pelletierung, d.h. direkt auf dem Pelletierteller oder in der Pelletiertrommel, erfolgen.

[0015] Wesentlich ist gemäß vorliegender Erfindung, dass die Flugasche in Schritt a) mit 10 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise mit 14 bis 16 Gew.-%, Wasser vermischt wird, da das Gemisch bei höheren Wasseranteilen zum Verklumpen oder Verschlammen neigt und keine strukturstabilen Pellets erhalten werden können, während bei 10 Gew.-% oder weniger mitunter zu wenig Bindemittel vorhanden sein kann, um Pellets geeigneter Größe bilden zu können, und außerdem die Festigkeit der Pellets für die weitere Behandlung mitunter nicht ausreicht. Die optimale Menge hängt freilich auch von der Zusammensetzung der jeweils eingesetzten Flugasche ab. Diese erfindungsgemäße Auswahl des Wassergehalts stellt sicher, dass es bei der Agglomeration zu keinerlei Staubemissionen kommt, dass Agglomerate mit definierten Kugelformen entstehen und dass bei der späteren Wärmebehandlung des agglomerierten Materials möglichst wenig Energie verbraucht wird.

[0016] In bevorzugten Ausführungsformen werden die Pellets während des Alterns in Schritt c) vorzugsweise erwärmt oder gekühlt oder nacheinander sowohl erwärmt als auch gekühlt, z.B. zunächst erwärmt und danach gekühlt, um während der Alterungsphase in möglichst kurzer Zeit ein möglichst vollständiges Abbinden des Wasseranteils der Pellets zu erzielen. So hat es sich beispielsweise als vorteilhaft erwiesen, wenn die Pellets während bzw. am Ende des Alterns in Schritt c) auf nicht mehr als 80 °C, vorzugsweise nicht mehr als 50 °C, noch bevorzugter nicht mehr als 30 °C, erwärmt bzw. gekühlt werden. Die optimale Temperatur hängt unter anderem davon ab, in welchen Anteilen die jeweilige Flugasche Komponenten enthält, die durch Reaktion mit H₂O, d.h. hydraulisch, oder mit CO₂ unter Ausbildung von Carbonaten abbinden, wie z.B. Calciumoxid und dergleichen. Wesentlich ist, dass einerseits bei einem späteren Kontakt mit Feuchtigkeit keine weitere Reaktion mehr auftritt und andererseits die Festigkeit des agglomerierten Materials nach der Alterung höher als davor ist. Dies hat den Vorteil, dass die Pellets später mit feuchten Abfällen oder anderen feuchten Materialien in Verbindung gebracht werden kann, ohne dass es zu weiteren Reaktionen kommt, z.B. bei einer Wärmebehandlung der Pellets zusammen mit anderen brennbaren und mitunter eben feuchten Abfällen.

[0017] Auch die Dauer der Alterung hängt natürlich von der Zusammensetzung der Flugasche ab, wobei gemäß vorliegender Erfindung die Alterung der Pellets in Schritt c) vorzugsweise für einen Zeitraum durchgeführt wird, nach dem eine solche Festigkeit der Pellets erzielt wurde, dass der Gewichtsverlust der Pellets, genauer gesagt der Trockensubstanz der Pellets, bei der anschließenden Wärmebehandlung in Schritt d) nicht mehr als 20 Gew.-%, vorzugsweise nicht mehr als 10 Gew.-%, noch bevorzugter nicht mehr als 5 Gew.-%, beträgt. Dadurch wird verhindert, dass bei der Wärmebehandlung nennenswerte Mengen der Flugasche zusammen mit dem Abgasstrom ausgetragen werden. Wie lange die Alterung bei einer vorgegebenen Zusammensetzung der Flugasche und einer gegebenen Temperatur der Alterung vorzugsweise dauern sollte, ist für den Fachmann durch einfache Routineexperimente leicht zu ermitteln, wobei eine Dauer von zumindest 1 h, zumindest 12 h, zumindest 1 d, zumindest 3 d und mitunter auch von zumindest 5 d erforderlich sein kann.

[0018] Die Wärmebehandlung in Schritt d) dient zur Zerstörung von eventuell noch in der Flugasche vorhandenen organischen Verbindungen sowie zur Entfernung etwaiger enthaltener flüchtiger Schwermetalle, wie z.B. Quecksilber oder Cadmium. Diese gehen teilweise in den Abgasstrom über und können in einer Müllverbrennungsanlage als Teil der Flugasche oder des Filterkuchens ausgeschleust werden. Zu diesem Zweck wird die Wärmebehandlung bei Temperaturen von zumindest 450 °C, vorzugsweise zumindest 650 °C, noch bevorzugter zumindest 850

°C, noch bevorzugter bei 850 bis 1150 °C, durchgeführt. Insbesondere wird die Wärmebehandlung in Schritt d) bei Temperaturen durchgeführt, bei denen es zur zumindest teilweisen Sinterung von Komponenten der Flugasche kommt, was die Festigkeit der Agglomerate in den Pellets weiter erhöht und einen Materialaustrag zusammen mit dem Abgasstrom wirksam unterdrückt.

[0019] Die Wärmebehandlung kann gemäß vorliegender Erfindung vorzugsweise in einer Rostfeuerung, einer Wirbelschichtfeuerung oder in einem Drehrohrofen durchgeführt werden, die üblicherweise bei der Müllverbrennung zum Einsatz kommen.

[0020] Das Verfahren gemäß vorliegender Erfindung umfasst nach der Wärmebehandlung den optionalen abschließenden Schritt e) des Versetzens der Pellets mit Wasser, um die wärmebehandelten Pellets abzukühlen bzw. abzuschrecken und/oder um etwaige darin enthaltene lösliche Komponenten daraus zu extrahieren, wie z.B. leicht löslicher Chloride oder dergleichen. Zu diesem Zweck kann beispielsweise ein herkömmlicher Nassentschlacker zum Einsatz kommen.

[0021] Durch dieses Verfahren der vorliegenden Erfindung wird schlussendlich ein Material erhalten, das aufgrund der Festigkeit der Agglomerate kein Risiko für Staubemissionen durch Aufwirbeln mehr darstellt und das eine wesentlich geringere Konzentration an organischen Schadstoffen, Schwermetallen und leicht löslichen Salzen aufweist, als die ursprüngliche Flugasche. Die Entsorgung des derart behandelten Materials gestaltet sich aufgrund der erhaltenen Eigenschaften somit wesentlich einfacher, als bei dem unbehandelten staubförmigen Material. So kann das erhaltene Material beispielsweise ohne weitere Stabilisierung oder Verfestigung auf einer obertägigen Deponie abgelagert werden. Im direkten Vergleich zu den Verfahren nach dem Stand der Technik ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren darüber hinaus deutliche Einsparungen an Energie- und sonstigen Verfahrenskosten.

BEISPIELE

[0022] Von einer Hausmüllverbrennungsanlage stammende Flugasche wurde mittels eines Staubdosierers auf einen mit 25 U/min rotierenden Pelletierteller aufgebracht. Zusätzlich wurde Wasser als Bindemittel mit variierenden Anteilen von 10, 14, 16, 24 und 26 Gew.-% zugemischt. Dadurch wurden Pellets mit variierenden mittleren Größen erhalten, wobei insbesondere Größen zwischen 5 und 15 mm als geeignet anzusehen sind. Bei Wasseranteilen von 24 und 26 Gew.-% konnte allerdings keine bzw. keine zufrieden stellende Pelletbildung beobachtet werden, da das befeuchtete Material am Pelletierteller verschlammte. Bei einem Wasseranteil von 10 Gew.-% konnte auch keine zufrieden stellende Pelletbildung beobachtet werden, da nur wenig Bindemittel vorhanden war und somit nur sehr kleine Pellets mit Durchmessern von unter 5 mm entstanden, was nicht zu bevorzugen ist.

Tabelle 1 - Pelletierung

	Wasseranteil [Gew.-%]	Ø Pellets [mm]
Beispiel 1	10	< 5
Beispiel 2	14	10
Beispiel 3	16	10
Vergleichsbeispiel 1	24	n.b.
Vergleichsbeispiel 2	26	n.b.

[0023] Bei Versuchen mit Prüflingen mit verschiedenen Flugasche/Wasser-Mischungsverhältnissen zwischen 10 und 20 Gew.-% Wasser, die mit einer Presse mit Druck beaufschlagt wurden, bis es zum Bruch der Prüflinge kam, hat sich gezeigt, dass bei einem Wassergehalt von 10 Gew.-% nur eine Festigkeit von etwa 20 N/cm² erzielbar war, was die Untergrenze für die spätere Handhabung und Behandlung der Pellets darstellte, während mit höheren Wassergehalten bis zu 75 N/cm² erhalten wurden.

[0024] Die oben erhaltenen Pellets der Beispiele 1 bis 3 wurden in BigBag-Säcken bei Raumtemperatur mehrere Wochen lang altern gelassen und daraufhin in einem Drehrohrofen bei Temperaturen von 450-1050 °C für eine Dauer zwischen 10 und 60 min wärmebehandelt, wobei ein Luftvolumenstrom von etwa 1 Nm³/kg Flugasche in den Drehrohrofen eingeblasen und der Anteil der zusammen mit dem Luftstrom ausgetragenen Feststoffe als "Massenverlust" bestimmt wurde.

Tabelle 2 - Massenverlust

	Temperatur [°C]	Anteil der ausgetragenen Feststoffe [Gew.-%]
Beispiel 4	450	0,075
Beispiel 5	550	0,088
Beispiel 6	650	0,066
Beispiel 7	750	0,067
Beispiel 8	850	0,325
Beispiel 9	950	0,936
Beispiel 10	1050	1,479

[0025] Bei diesen Versuchen hat sich zudem gezeigt, dass der Anteil der ausgetragenen Feststoffe nur von der Temperatur, nicht aber von der Dauer der Wärmebehandlung abhängig war.

[0026] Während dieser Wärmebehandlung blieben die Pellets gemäß vorliegender Erfindung durchwegs formstabil, so dass die erfindungsgemäß erzeugten und behandelten Pellets somit deutlich besser für eine spätere Deponierung geeignet waren als die ursprüngliche Flugasche - und auch als vergleichbare, aus dem Stand der Technik bekannten Produkte -, weswegen das Verfahren der vorliegenden Erfindung einen bedeutenden Beitrag auf dem Gebiet der Dekontamination von Flugasche und ähnlichen staub- bzw. teilchenförmigen Verbrennungsrückständen leistet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Behandlung und Dekontamination von Flugasche, umfassend die folgenden Schritte:
 - a) Vermischen der Flugasche mit 10 bis 20 Gew.-% Wasser ohne Zusatz sonstiger Bindemittel;
 - b) Aufbauagglomeration des erhaltenen Gemischs durch Pelletieren;
 - c) Altern der erhaltenen Pellets bei einer Temperatur von nicht mehr als 80 °C, um ein möglichst vollständiges Abbinden des Wasseranteils der Pellets zu erzielen;
 - d) Wärmebehandlung der gealterten Pellets bei einer Temperatur von zumindest 450 °C zur Zerstörung organischer Verbindungen und zur Entfernung flüchtiger Schwermetalle; und
 - e) gegebenenfalls Versetzen der wärmebehandelten Pellets mit Wasser.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flugasche in Schritt a) mit 14 bis 16 Gew.-% Wasser vermischt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufbauagglomeration in Schritt b) unter Verwendung eines Pelletiertellers oder einer Pelletiertrommel durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Pellets während des Alterns in Schritt c) erwärmt, gekühlt oder nacheinander sowohl erwärmt als auch gekühlt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Pellets während bzw. am Ende des Alterns in Schritt c) auf nicht mehr als 50 °C, vorzugsweise nicht mehr als 30 °C, erwärmt bzw. gekühlt werden.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Alterung der Pellets in Schritt c) für einen Zeitraum durchgeführt wird, nach dem eine solche Festigkeit der Pellets erzielt wurde, dass der Gewichtsverlust der Trockensubstanz der Pellets bei der anschließenden Wärmebehandlung in Schritt d) nicht mehr als 20 Gew.-%, vorzugsweise nicht mehr als 10 Gew.-%, noch bevorzugter nicht mehr als 5 Gew.-%, beträgt.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmebehandlung in Schritt d) bei Temperaturen von zumindest 650 °C, vorzugsweise zumindest 850 °C, insbesondere bei 850 bis 1150 °C, durchgeführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmebehandlung in Schritt d) bei Temperaturen durchgeführt wird, bei denen es zur zumindest teilweisen Sinterung von Komponenten der Flugasche kommt.
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmebehandlung in einer Rostfeuerung, einer Wirbelschichtfeuerung oder in einem Drehrohrofen durchgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wärmebehandelten Pellets in Schritt e) mit Wasser versetzt werden, um sie abzukühlen bzw. abzuschrecken und/oder um lösliche Komponenten daraus zu extrahieren.

Hierzu keine Zeichnungen