

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
08. Oktober 2020 (08.10.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/200966 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01N 23/222 (2006.01) G01N 21/85 (2006.01)
G01N 21/71 (2006.01) G01N 21/359 (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/058385

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. März 2020 (25.03.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 109 051.2
05. April 2019 (05.04.2019) DE

(71) Anmelder: RWE POWER AG [DE/DE]; Ernestinenstra-
ße 60, 45141 Essen (DE).

(72) Erfinder: SCHÜNGEL, Michael; Blücherstraße 65,
40477 Düsseldorf (DE). VOGT, Daniela; An der Wichtel-
weide 10, 09600 Berthelsdorf (DE).

(74) Anwalt: KEENWAY PATENTANWÄLTE NEU-
MANN HEINE TARUTTIS PARTG MBB; Postfach
103363, 40024 Düsseldorf (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: APPARATUSES AND METHODS FOR ASCERTAINING AN ELEMENTAL COMPOSITION OF A MATERIAL

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNGEN UND VERFAHREN ZUM ERMITTELN EINER ELEMENTZUSAMMENSETZUNG
EINES MATERIALS

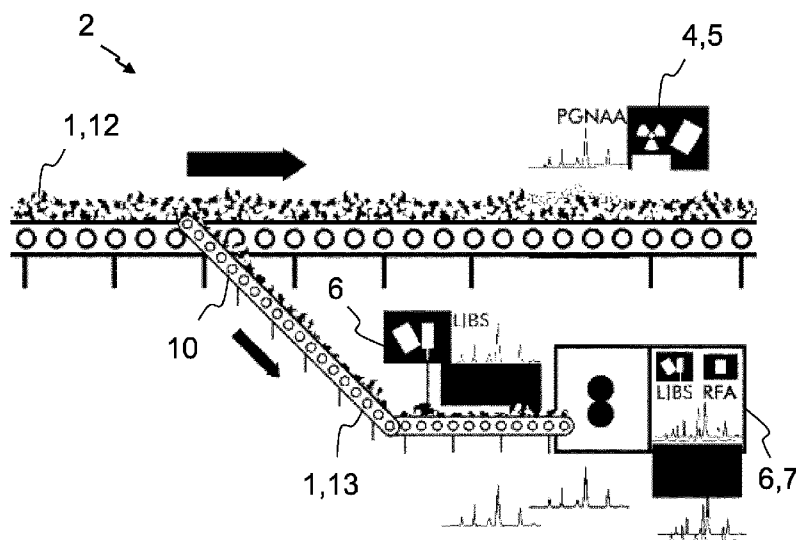


Fig. 4

RFA XRF

(57) **Abstract:** A method for ascertaining an elemental composition of a material (1) comprises: a) conveying the material (1), b) analyzing the material (1), conveyed as per step a), by means of laser-induced breakdown spectroscopy, LIBS, and/or by means of x-ray fluorescence spectroscopy, XRF, c) analyzing the material (1), conveyed as per step a), by means of prompt gamma neutron activation analysis, PGNAA, and/or pulsed fast neutron activation analysis, PFTNA, d) ascertaining the elemental composition of the material (1) on the basis of the results of steps b) and c). Using the apparatuses (2, 9, 11) and methods described, it is possible to ascertain the elemental composition in a material (1) with a particularly high measurement accuracy by virtue of PGNAA, PFTNA and/or LIBS being applied to a material (1) in or on a conveying device (3).



WO 2020/200966 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials (1), umfassend: a) Fördern des Materials (1), b) Analysieren des gemäß Schritt a) geförderten Materials (1) mittels Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS, und/oder mittels Röntgen-Fluoreszenz-Analyse, RFA, c) Analysieren des gemäß Schritt a) geförderten Materials (1) mittels Prompter-Gamma-Neutronen-Aktivierungs- Analyse, PGNA, und/oder Pulsed Fast Neutron Activation Analysis, PFTNA, d) Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials (1) anhand der Ergebnisse aus Schritt b) und c). Mit den beschriebenen Vorrichtungen (2, 9, 11) und Verfahren kann die Elementzusammensetzung in einem Material (1) mit einer besonders hohen Messgenauigkeit ermittelt werden, in dem PGNA, PFTNA und/oder LIBS auf ein Material (1) in oder auf einer Fördereinrichtung (3) angewendet wird.

**Vorrichtungen und Verfahren zum Ermitteln
einer Elementzusammensetzung eines Materials**

Die vorliegende Erfindung betrifft Vorrichtungen und Verfahren zum Ermitteln
5 einer Elementzusammensetzung eines Materials. Weiterhin betrifft die vorliegen-
de Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen einer bei Ver-
brennung eines Materials freigesetzten Menge CO₂.

Bei der industriellen Verarbeitung von Materialien wie fossilen Brennstoffen,
10 Biomasse oder Rohstoffen ist es regelmäßig erforderlich, die genaue Zusammen-
setzung der Materialien zu kennen, insbesondere aufgrund von einzuhaltenden
gesetzlichen Auflagen.

Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, Materialien auf Förderbändern zu ver-
15 schiedensten Zwecken zu analysieren. Bei bekannten Verfahren besteht regelmä-
ßig das Problem einer eingeschränkten Repräsentativität. Das kann insbesondere
dadurch der Fall sein, dass nicht-repräsentative Proben analysiert werden. Insbe-
sondere bei inhomogenen Förderströmen kann es insoweit zu Messungenauigkei-
ten kommen.

20 Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, die
aus dem Stand der Technik bekannten Probleme zumindest teilweise zu überwin-
den und insbesondere Vorrichtungen und Verfahren zum Ermitteln einer Ele-
mentzusammensetzung eines Materials bereitzustellen, mit denen unter besonders
25 geringem Aufwand eine besonders hohe Messgenauigkeit erreicht werden kann.

Diese Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche.
Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängig formu-
lierten Ansprüchen angegeben. Die in den abhängig formulierten Ansprüchen

einzelnen aufgeführten Merkmale sind in technologisch sinnvoller Weise miteinander kombinierbar und können weitere Ausgestaltungen der Erfindung definieren. Darüber hinaus werden die in den Ansprüchen angegebenen Merkmale in der Beschreibung näher präzisiert und erläutert, wobei bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung dargestellt werden.

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials vorgestellt. Das Verfahren umfasst:

- a) Fördern des Materials,
- 10 b) Analysieren des gemäß Schritt a) geförderten Materials mittels Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS, und/oder mittels Röntgen-Fluoreszenz-Analyse, RFA,
- c) Analysieren des gemäß Schritt a) geförderten Materials mittels Prompter-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse, PGNA, und/oder Pulsed Fast
15 Neutron Activation Analysis, PFTNA,
- d) Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials anhand der Ergebnisse aus Schritt b) und c).

Mit dem beschriebenen Verfahren kann die Gewinnung von Rohstoffen optimiert
20 werden, indem die für die jeweiligen Rohstoffe erforderlichen Qualitätsmerkmale systematisch online erfasst werden, beispielsweise bei Erzen, Kohlen und Sedimenten. Weiterhin kann mit dem beschriebenen Verfahren die Steuerung von mit Biomassen und Ersatzbrennstoffen gefeuerten Kraftwerken und Kesseln verbessert werden. Auch können beispielsweise Materialhalden, Bergbaubetriebe, Industriebetriebe, Umschlagplätze, Logistikbetriebe, Entsorgungsbetriebe, Baubetriebe insbesondere zum Rückbau, der Straßenbau insbesondere unter Verwendung von Fräsen und Verwertungsbetriebe mit dem beschriebenen Verfahren systematisch bewirtschaftet werden. Das beschriebene Verfahren kann weiterhin in der Zementindustrie zur bedarfsgerechten Dosierung von Einsatzkomponenten

eingesetzt werden. Auch kann mittels des beschriebenen Verfahrens eine Online-Charakterisierung und/oder Qualitätssicherung verschiedenster Materialien erfolgen.

- 5 Das beschriebene Verfahren wird vorzugsweise bei der industriellen Verarbeitung von Materialien eingesetzt. Beispiele für Materialien sind feste fossile Brennstoffe wie Braunkohle oder Steinkohle, Biomassen, Bauschutt, Ersatzbrennstoffe wie Bagasse, Altholz oder Kunststoff, Rohstoffe wie Erze, Gesteine, Sedimente, Böden oder Pigmente, Reststoffe und Recyclingprodukte wie Aschen, Schlacken,
- 10 Müll, Klärschlamm, Elektroschrott oder Bauschutt, Asphaltzuschutt, Wertstoffe wie Metalle oder Werkstoffe. Das Material ist vorzugsweise ein Feststoff.

In Schritt a) wird das Material gefördert. Das erfolgt vorzugsweise mit einer Fördereinrichtung, insbesondere mit einem Förderband.

- 15 Mit dem beschriebenen Verfahren kann die Elementzusammensetzung des Materials während des Förderns gemäß Schritt a) ermittelt werden. Unter der Elementzusammensetzung ist die Verteilung der chemischen Elemente in dem Material zu verstehen. Auf den chemischen Bindungszustand der Elemente kommt es dabei
- 20 nicht an. Die Elementzusammensetzung ist bei vielen Anwendungen ein wichtiger Qualitätsparameter. Die Ermittlung der Elementzusammensetzung kann auch als Multielement-Analyse bezeichnet werden.

- Bei dem beschriebenen Verfahren kommt zur Ermittlung der Elementzusammensetzung eine Kombination von PGNAA und/oder PFTNA einerseits und LIBS
- 25 und/oder RFA andererseits zum Einsatz. Die PGNAA und/oder die PFTNA bieten eine solide Basis für das Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials. Bei der PGNAA und/oder die PFTNA ist allerdings die präzise Bestimmung ein-

zelner Elemente limitiert. Um das Elementspektrum zu erweitern, werden daher PGNAA und/oder PFTNA mit LIBS und/oder RFA verknüpft.

In Schritt b) wird das gemäß Schritt a) geförderte Material mittels LIBS und/oder
5 mittels RFA analysiert. Bevorzugt ist LIBS.

Mittels LIBS kann die Elementzusammensetzung des Materials analysiert werden. Dazu wird eine Oberfläche des zu analysierenden Materials mit einem Laser abgetastet. Mit LIBS kann die Elementzusammensetzung nur an der Oberfläche des
10 Materials ermittelt werden. Im Vergleich zu PGNAA und PFTNA ist LIBS aber genauer und sensitiver hinsichtlich der Bestimmung von Elementkonzentrationen. Demgegenüber sind PGNAA und PFTNA insbesondere hinsichtlich der Bestimmung einzelner Elemente und deren Nachweisgrenzen limitiert. Gleichwohl kann mittels PGNAA und/oder PFTNA die Materialzusammen-
15 setzung bis zu einer bestimmten Eindringtiefe auch innerhalb des Materials ermittelt werden, was insbesondere bei großen Probenvolumina, beispielsweise bei Vollstrom-Analysen auf Förderbandanlagen von Vorteil ist.

LIBS bietet eine große Auswahl an chemischen Elementen, die grundsätzlich be-
20 stimmt werden können. Jedoch besteht bei dieser Technik eine Unsicherheit darin, dass nur die Oberfläche des Materials analysiert wird. Im Falle von Inhomogenitäten können somit nur eingeschränkt repräsentative Messergebnisse erhalten werden. Durch die Synchronisation mit der PGNAA kann dieser Effekt kompensiert werden. Insbesondere die Anteile von besonders relevanten Elementen in dem
25 Material, insbesondere von solchen mit verhältnismäßig großem Anteil an dem Material, werden vorzugsweise mit beiden Messtechniken bestimmt. Dabei wird das Ergebnis der LIBS aufgrund der fehlenden Repräsentativität vorzugsweise mit dem entsprechenden Ergebnis der PGNAA und/oder PFTNA als Standardisierung angepasst. Mit dieser Standardisierung können die gemessenen Konzentrationen

aller Elemente um den entsprechenden Faktor an das Messergebnis der PGNAA angeglichen werden. Das kann zu einem deutlich erweiterten Elementspektrum führen, welches durch die Verknüpfung der Messmethoden insbesondere auch repräsentativ für das gesamte gemäß Schritt a) geförderte Material sein kann.

5

Auch mittels RFA kann die Elementzusammensetzung des Materials analysiert werden.

Die Ergebnisse der PGNAA und/oder der PFTNA werden vorzugsweise als
10 Grundlage für die Ermittlung der Elementzusammensetzung verwendet und mittels LIBS und/oder RFA korrigiert. Alternativ ist es bevorzugt, die Ergebnisse der LIBS und/oder RFA als Grundlage für die Ermittlung der Elementzusammensetzung zu verwenden und mittels PGNAA und/oder PFTNA zu korrigieren. Damit kann insbesondere das analysierbare Elementspektrum erweitert werden und eine
15 Messsignalausbeute erhöht werden. In dem Fall, dass die Ergebnisse der LIBS und/oder RFA mittels PGNAA und/oder PFTNA korrigiert werden, kann die Repräsentativität der LIBS-Analyse beziehungsweise der RFA-Analyse erhöht werden, weil mittels PGNAA und/oder PFTNA ein größeres Probenvolumen analysiert werden kann als mit LIBS beziehungsweise RFA.

20

In Schritt c) wird das gemäß Schritt a) geförderte Material mittels PGNAA und/oder PFTNA analysiert. Bevorzugt ist die PGNAA. Bei beiden genannten Verfahren handelt es sich um Methoden zur Analyse unter Verwendung von Neutronen. Die Neutronen können ausgehend von der Neutronenquelle, beispielsweise einem geeigneten radioaktiven Material, in das Material ausgesendet
25 werden. Entsprechend ist bevorzugt, dass die Neutronenquelle derart angeordnet und ausgebildet ist, dass die Neutronen von der Neutronenquelle in das Material eingeleitet werden, wenn sich das Material in oder auf der Fördereinrichtung befindet.

Innerhalb des Materials kommt es zu einer Wechselwirkung zwischen den von der Neutronenquelle ausgesendeten Neutronen und den Kernen der das Material bildenden Atome. Bei dieser Kernwechselwirkung wird Gammastrahlung erzeugt, die von dem Strahlungsdetektor detektiert werden kann. Der Strahlungsdetektor ist entsprechend vorzugsweise derart angeordnet und ausgebildet, dass mit dem Strahlungsdetektor die Strahlung erfasst werden kann, die von dem Material ausgesendet wird, wenn sich das Material in oder auf der Fördereinrichtung befindet und dort mit Neutronen aus der Neutronenquelle beaufschlagt wird.

10

Vorzugsweise umfasst die Vorrichtung eine Mehrzahl von Strahlungsdetektoren und/oder eine Mehrzahl von Neutronenquellen. Insbesondere können eine Neutronenquelle und eine Mehrzahl von Strahlungsdetektoren verwendet werden. Insbesondere bei großen Materialdicken ist die Verwendung mehrerer Neutronenquellen bevorzugt, um einen Anregungsbereich im Material zu vergrößern.

15

Anhand der detektieren Strahlung kann auf die im Material befindlichen Atome geschlossen werden. Insoweit kann die Elementzusammensetzung des Materials ermittelt werden.

20

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird in Schritt b) und/oder c) weiterhin eine Feuchtigkeit des Materials ermittelt und bei der Ermittlung der Elementzusammensetzung des Materials berücksichtigt.

Der Wassergehalt im Material kann einen Einfluss auf den Neutronenfluss durch das Material haben. Durch Kenntnis der Feuchtigkeit des Materials kann daher die Genauigkeit der PGNAA, der PFTNA, der LIBS und/oder der RFA verbessert werden. Die Feuchtigkeit des Materials kann beispielsweise mittels Mikrowellen-

technik, Nah-Infrarot-Technik, Gammarrückstreuung, Messung des kapazitiven Widerstands, oder durch Terra-Hz-Messtechnik ermittelt werden.

- Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird Schritt
- 5 b) an einem von dem gemäß Schritt a) geförderten Material abgezweigten Teil des Materials durchgeführt.

- Das Abzweigen des Teils des Materials kann durch Entnehmen einer insbesondere repräsentativen Probe aus dem Vollstrom oder durch Bilden eines Teilstroms erfolgen. Das Abzweigen erfolgt vorzugsweise ohne das Fördern des Materials gemäß Schritt a) zu unterbrechen. Vorzugsweise wird die abgezweigte Menge des zu untersuchenden Materials vor der Analyse aufbereitet. Das kann insbesondere ein Mahlen, Teilen, Zerkleinern, Homogenisieren, Schütten, und/oder Verpressen des Materials umfassen, insbesondere im Falle einer Probenentnahme. Die Pro-
- 10 benahme erfolgt vorzugsweise DIN-konform.
- 15

- Es ist bevorzugt, dass die LIBS gemäß Schritt b) an einem abgezweigten Teil des Materials durchgeführt wird, insbesondere in dem Fall, dass in Schritt b) nur die LIBS, nicht aber die RFA durchgeführt wird. In dem Fall wird das Material einer-
- 20 seits mittels PGNAA und/oder PFTNA, vorzugsweise im Vollstrom, und andererseits mittels LIBS nach Probenentnahme und einer vorzugsweise folgenden Probenaufbereitung durchgeführt. Bei der Probenaufbereitung wird die Probe vorzugsweise insbesondere zerkleinert, repräsentativ geteilt, homogenisiert und/oder zu einem Pressling verpresst oder als lose Schüttung in eine Messkammer mit
- 25 gleichbleibender Geometrie geführt. Die Probenahme erfolgt vorzugsweise DIN-konform. Das führt zu einer Verbesserung der Messgenauigkeit der LIBS. Um weiterhin bestehenden Unsicherheiten bezüglich der Repräsentativität der Probenahmen zu begegnen, werden bei dem beschriebenen Verfahren die Ergebnisse der PGNAA und/oder PFTNA einerseits mit den Ergebnissen der LIBS anderer-

seits verknüpft, insbesondere hinsichtlich ausgewählter, besonders relevanter Elemente des Materials. Somit kann für das gesamte gemäß Schritt a) geförderte Material die Elementzusammensetzung besonders genau bestimmt werden. Auch kann dabei ein deutlich erweitertes Elementspektrum erzielt werden, das durch die

5 Verknüpfung von PGNAA und/oder PFTNA einerseits mit LIBS andererseits repräsentativ für das gesamte gemäß Schritt a) geförderte Material ist und darüber hinaus auch bei inhomogenen Stoffströmen eingesetzt werden kann.

Es ist bevorzugt, dass die RFA gemäß Schritt b) an einem abgezweigten Teil des

10 Materials durchgeführt wird, insbesondere in dem Fall, dass in Schritt b) nur die RFA, nicht aber die LIBS durchgeführt wird. Bei der Online-Analyse von Kohlen spielen beispielsweise der Aschegehalt, also die Summe der enthaltenen mineralischen Substanz, und die Aschezusammensetzung eine entscheidende Rolle bei der Feuerung. Da die mineralische Substanz teilweise innerhalb der Kohle, aber auch

15 als mitgeförderter Sedimentanteil vorliegen kann, können inhomogene Kohle-Mineralsubstanz-Verteilungen auf Förderbandanlagen auftreten, die mit automatisierten Probenahmen meist nicht repräsentativ erfasst werden können. Wird der Aschegehalt des gemäß Schritt a) geförderten Materials mittels PGNAA und/oder PFTNA im Vollstrom analysiert, werden Inhomogenitäten mit erfasst. Die RFA

20 kann insbesondere in dem Fall zusätzlich zur PGNAA und/oder PFTNA eine besonders verlässliche Bestimmung der Elementzusammensetzung des Materials ermöglichen. Um Ungenauigkeiten der Probenahme bei der RFA zu kompensieren, kann der durch die PGNAA gemessene Aschegehalt als Referenz für die Bewertung der Aschezusammensetzung durch die RFA verwendet werden. Unter

25 dem Aschegehalt ist die Summe mineralischer Substanzen in dem Material zu verstehen, wobei organisch vorkommende Substanzen wie beispielsweise Schwefel ausgenommen sind. Unter der Aschezusammensetzung ist die mineralische Zusammensetzung zu verstehen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird Schritt b) unmittelbar an dem gemäß Schritt a) geförderten Material durchgeführt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird Schritt
5 c) unmittelbar an dem gemäß Schritt a) geförderten Material durchgeführt.

In diesen Ausführungsformen werden LIBS und/oder RFA beziehungsweise PGNAA und/oder PFTNA unmittelbar auf das gemäß Schritt a) geförderte Material angewendet. Bevorzugt ist die Kombination beider Ausführungsformen, so
10 dass LIBS und/oder RFA einerseits und PGNAA und/oder PFTNA andererseits unmittelbar an dem gemäß Schritt a) geförderten Material durchgeführt werden.

Dass die jeweiligen Messmethoden unmittelbar an dem gemäß Schritt a) geförderten Material durchgeführt werden, bedeutet, dass das Material im Vollstrom, vor-
15 zugsweise berührungslos, analysiert wird. Dadurch erfolgt durch das beschriebene Verfahren kein störender Eingriff in den übrigen Betriebsablauf. Insbesondere ist das beschriebene Verfahren zerstörungsfrei. Es wird das gesamte geförderte Material analysiert. Insbesondere werden nicht bloß ein Teilstrom oder eine entnommene Probe analysiert. Durch die Analyse im Vollstrom können insbesondere alle
20 Probleme umgangen werden, die bei einer Analyse eines Teilstroms oder einer Probe entstehen, insbesondere hinsichtlich mangelnder Repräsentativität.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird weiterhin mindestens eine der folgenden Analysen durchgeführt:

- 25
- eine radiometrische Ascheanalyse,
 - eine Infrarot-Spektroskopie, insbesondere eine Nah-Infrarot-Spektroskopie,
 - eine Radarmessung,
 - eine Volumenstrommessung,
 - eine Ultraschallmessung,

- eine optische Analyse,
- eine Analyse mittels Gammastrahlenrückstreuung und -absorption,
- eine Massebestimmung.

5 Durch die Verknüpfung mit radiometrischen Ascheanalysatoren können ausgewählte Komponenten separat erfasst und zur Erhöhung der Messgenauigkeit beitragen. Durch die Verknüpfung mit IR, insbesondere NIR, können ausgewählte Komponenten separat erfasst werden und ebenfalls zur Erhöhung der Messgenauigkeit beitragen. Durch Verknüpfung mit Radarmessungen kann das Volumen des
10 Materials bestimmt werden. Vorzugsweise wird mittels einer Waage zudem die Masse des Materials gemessen, so dass aus Volumen und Masse des Materials eine Schüttdichte des Materials bestimmt werden kann. Als optische Analyse kommt insbesondere eine Erfassung des Materials mittels einer Kamera in Betracht.

15

Weiterhin kann bei dem Verfahren mittels GPS und/oder über das 5G-Mobilfunknetz eine Position der Messung bestimmt werden. Das 5G-Mobilfunknetz eignet sich insbesondere im Zusammenhang mit einem autonom fahrenden Fahrzeug. Sofern mehrere Analysen an verschiedenen Orten durchgeführt werden, können die einzelnen Messergebnisse ortsabhängig ausgewertet
20 werden.

Als ein weiterer Aspekt wird eine Vorrichtung zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials vorgestellt. Die Vorrichtung umfasst:

- 25
- eine Fördereinrichtung für das Material,
 - eine in oder an der Fördereinrichtung angeordnete Neutronenquelle, die dazu eingerichtet ist, Neutronen in das Material einzuleiten, wenn sich das Material in oder auf der Fördereinrichtung befindet,

- einen in oder an der Fördereinrichtung angeordneten Strahlungsdetektor zum Detektieren von Strahlung, die in oder an der Fördereinrichtung durch in das Material eingeleitete Neutronen erzeugt wird,
- eine LIBS-Einrichtung zur Analyse des Materials mittels Laser induced Break-down Spectroscopy, LIBS, und/oder eine RFA-Einrichtung zur Analyse des Materials mittels Röntgen-Fluoreszenz-Analyse, RFA,
- eine Auswerteeinheit, die dazu eingerichtet ist, aus der vom Strahlungsdetektor detektierten Strahlung nach Art der Prompten-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse, PGNA, und/oder der Pulsed Fast Neutron Activation Analysis, PFTNA, sowie anhand von Ergebnissen der Laser induced Break-down Spectroscopy, LIBS, und/oder der Röntgen-Fluoreszenz-Analyse, RFA, die Elementzusammensetzung des Materials zu ermitteln.

Die beschriebenen besonderen Vorteile und Ausgestaltungsmerkmale des beschriebenen Verfahrens zum Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials sind auf die beschriebene Vorrichtung zum Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials anwendbar und übertragbar, und umgekehrt. Insbesondere ist die beschriebene Vorrichtung vorzugsweise zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens eingerichtet. Insbesondere wird das beschriebene Verfahren vorzugsweise mit der beschriebenen Vorrichtung ausgeführt.

Vorzugsweise umfasst die Vorrichtung eine Mehrzahl von Strahlungsdetektoren und/oder eine Mehrzahl von Neutronenquellen. Insbesondere können eine Neutronenquelle und eine Mehrzahl von Strahlungsdetektoren verwendet werden. Insbesondere bei großen Materialdicken ist die Verwendung mehrerer Neutronenquellen bevorzugt, um einen Anregungsbereich im Material zu vergrößern.

Die Neutronenquelle und der Strahlungsdetektor können auf verschiedene Weisen in oder an der Fördereinrichtung angeordnet sein. Bevorzugt sind insbesondere folgende Ausführungsformen:

- 5 - die Neutronenquelle und der Strahlungsdetektor sind oberhalb der Fördereinrichtung angeordnet,
- die Neutronenquelle und der Strahlungsdetektor sind unterhalb der Fördereinrichtung angeordnet,
- die Neutronenquelle ist unterhalb und der Strahlungsdetektor oberhalb der Fördereinrichtung angeordnet,
- 10 - die Neutronenquelle ist oberhalb und der Strahlungsdetektor unterhalb der Fördereinrichtung angeordnet.

Insbesondere in diesen vier Ausführungsformen ist die Fördereinrichtung vorzugsweise als ein Förderband mit einem Gurt zur Aufnahme des Materials ausgebildet. In dem Fall sind die Neutronenquelle und der Strahlungsdetektor oberhalb
15 beziehungsweise unterhalb des Gurtes angeordnet.

Sofern eine Mehrzahl von Neutronenquellen und/oder eine Mehrzahl von Strahlungsdetektoren vorgesehen sind, sind vorzugsweise mindestens eine Neutronen-
20 quelle und mindestens ein Strahlungsdetektor wie beschrieben angeordnet.

Als ein weiterer Aspekt wird ein weiteres Verfahren zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials vorgestellt. Das Verfahren umfasst:

- A) Fördern des Materials,
- 25 B) Abzweigen eines Teils des gemäß Schritt A) geförderten Materials,
- C) Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials durch Analyse des gemäß Schritt B) abgezweigten Teils des Materials mittels Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS.

Die beschriebenen besonderen Vorteile und Ausgestaltungsmerkmale des zuvor beschriebenen Verfahrens und der entsprechenden Vorrichtung zum Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials sind auf das vorliegend beschriebene Verfahren zum Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials anwendbar und übertragbar, und umgekehrt. Das gilt insbesondere in Bezug auf die Analyse mittels LIBS.

Mittels LIBS kann die Elementzusammensetzung des Materials besonders genau ermittelt werden. LIBS ist für besonders viele verschiedene Elemente sensitiv. Allerdings kann mittels LIBS nur die Oberfläche des zu analysierenden Materials analysiert werden. Dieser Nachteil wird bei dem vorliegenden Verfahren dadurch ausgeglichen, dass nicht der Vollstrom des zu analysierenden Materials analysiert wird, sondern nur ein davon abgezwigter homogenisierter Teil. Dieser Teil wird in Schritt B) abgezweigt. Dazu kann eine Probe aus dem Vollstrom entnommen werden oder es kann ein Teilstrom gebildet werden. Das erfolgt vorzugsweise ohne das Fördern des Materials gemäß Schritt A) zu unterbrechen. Vorzugsweise wird die gemäß Schritt B) abgezwigte Menge des zu untersuchenden Materials in Schritt B) und vor Schritt C) aufbereitet. Das kann insbesondere ein Homogenisieren des Materials umfassen, insbesondere im Falle einer Probenentnahme. In Schritt C) wird das Material analysiert, wobei durch die vorherige Abzweigung nur eines Teils des Vollstroms der Nachteil zumindest teilweise ausgeglichen werden kann, dass mittels LIBS nur eine Oberflächenanalyse möglich ist. So kann das Material zum Zwecke der Analyse ausgebreitet werden, so dass eine besonders große Oberfläche mittels LIBS zugänglich ist.

25

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird in Schritt C) ein Kohlenstoff-Gehalt des Materials bestimmt, wobei aus dem bestimmten Kohlenstoff-Gehalt eine bei Verbrennung des Materials freigesetzte Menge CO₂ bestimmt wird.

Bei verschiedensten Anwendungen, bei denen ein Material verbrannt wird, ist eine Vorhersage über den CO₂-Ausstoß aufgrund der Verbrennung erforderlich. Das gilt insbesondere für Kraftwerke, die entsprechenden gesetzlichen Vorschriften unterliegen. Der maximal mögliche CO₂-Ausstoß kann unmittelbar aus der im Material enthaltenen Menge Kohlenstoff ermittelt werden, weil bei der Verbrennung eines Materials nicht mehr CO₂-Moleküle gebildet werden können als C-Atome in dem Material vorhanden sind. Daher kann gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Kohlenstoffanteil in dem Material ermittelt und daraus der zu erwartende CO₂-Ausstoß durch Berechnung bestimmt werden. Mittels LIBS kann der Kohlenstoff-Anteil im Material besonders gut ermittelt werden.

Die beschriebene Ausführungsform ermöglicht eine präzise Online-Kohlenstoff-Direktbestimmung. Damit können bestehende Unsicherheiten bei der Bestimmung von CO₂-Mengen reduziert werden. Dadurch ergeben sich viele Vorteile für Betreiber beispielsweise von Kraftwerken, insbesondere hinsichtlich der Reduzierung von erforderlichen CO₂-Zertifikaten. Auch für Aufsichtsbehörden ergeben sich Vorteile, insbesondere hinsichtlich einer präziseren Messung der freigesetzten CO₂-Menge.

20

Insbesondere in der vorliegenden Ausführungsform ist es bevorzugt, dass das Abzweigen gemäß Schritt B) durch eine insbesondere DIN-konforme Probenentnahme erfolgt. Die Probe kann beispielsweise durch einen Hammerprobennehmer von einem Förderband entnommen werden. Dabei ist die Frequenz des Hammer-schlags vorzugsweise flexibel und abhängig von der gemäß gesetzlicher Vorgabe, beispielsweise gemäß DEHSt, zu beprobenden Menge.

25

Nach der sich vorzugsweise anschließenden Probenaufbereitung kann die Probe entweder auf einem kleinen Förderband oder stationär mittels LIBS hinsichtlich

ihres Kohlenstoffgehalts analysiert werden. Die Probenaufbereitung kann insbesondere ein Mahlen, Teilen, Zerkleinern, Homogenisieren, Schütten, und/oder Verpressen des Materials umfassen. Die Probenahme erfolgt vorzugsweise DIN-konform.

5

Zusammen mit einer kalibrierten oder geeichten Waage, beispielsweise einer Bandwaage, kann über die Korrelation zu den gemessenen Kohlenstoffkonzentrationen die CO₂-Menge pro Masseinheit berechnet werden. Um die Messgenauigkeiten der LIBS zu verbessern, kann die Messtechnik um eine Feuchtebestimmung, beispielsweise mittels NIR, erweitert werden.

10

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird in Schritt C) weiterhin eine Röntgen-Fluoreszenz-Analyse, RFA, an dem gemäß Schritt B) abgezweigten Teil des Materials durchgeführt und bei der Ermittlung der Elementzusammensetzung des Materials berücksichtigt.

15

Durch die Ergänzung der LIBS durch die RFA kann die Messgenauigkeit durch Korrelation einzelner, mit der jeweiligen Messtechnik genauer analysierbarer Parameter weiter verbessert werden.

20

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird weiterhin mindestens eine der folgenden Analysen durchgeführt:

- eine radiometrische Ascheanalyse,
- eine Infrarot-Spektroskopie, insbesondere eine Nah-Infrarot-Spektroskopie,
- 25 - eine Radarmessung,
- eine Volumenstrommessung,
- eine Ultraschallmessung,
- eine optische Analyse,
- eine Analyse mittels Gammastrahlenrückstreuung und -absorption,

- eine Massebestimmung.

Die zum zuvor beschriebenen Verfahren gemachten Ausführungen in Bezug auf die genannten Messmethoden gelten auch für das vorliegend beschriebene Verfahren.
5

Als ein weiterer Aspekt wird eine weitere Vorrichtung zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials vorgestellt. Die Vorrichtung umfasst:

- eine Fördereinrichtung für das Material,
- 10 - eine Abzweigeeinrichtung zum Abzweigen eines Teils des mit der Fördereinrichtung geförderten Materials,
- eine LIBS-Einrichtung zur Analyse einer mit der Abzweigeeinrichtung abgezweigten Teils des Materials mittels Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS,
- 15 - eine Auswerteeinheit, die dazu eingerichtet ist, anhand der Ergebnisse der Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS, die Elementzusammensetzung des Materials zu ermitteln.

Die beschriebenen besonderen Vorteile und Ausgestaltungsmerkmale der beiden
20 beschriebenen Verfahren zum Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials und der beschriebenen Vorrichtung zum Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials sind auf die vorliegend beschriebene Vorrichtung zum Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials anwendbar und übertragbar, und umgekehrt. Insbesondere ist die vorliegend beschriebene Vorrichtung vorzugs-
25 weise zur Durchführung des zweiten der beiden zuvor beschriebenen Verfahren eingerichtet. Insbesondere wird das zweite der beiden zuvor beschriebenen Verfahren vorzugsweise mit der beschriebenen Vorrichtung ausgeführt.

Als ein weiterer Aspekt wird ein Verfahren zum Bestimmen einer bei Verbrennung eines Materials freigesetzten Menge CO_2 vorgestellt. Das Verfahren umfasst:

- α) Fördern des Materials,
- 5 β) Analysieren des gemäß Schritt α) geförderten Materials mittels Prompter-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse, PGNA, und/oder Pulsed Fast Neutron Activation Analysis, PFTNA,
- γ) Ermitteln eines Kohlenstoff-Gehalts des Materials anhand der Ergebnisse aus Schritt β), wobei aus dem bestimmten Kohlenstoff-Gehalt die bei Verbren-
- 10 nung des Materials freigesetzte Menge CO_2 bestimmt wird.

Die beschriebenen besonderen Vorteile und Ausgestaltungsmerkmale der beiden beschriebenen Verfahren zum Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials und der beiden beschriebenen entsprechenden Vorrichtungen sind auf das

15 vorliegend beschriebene Verfahren zum Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials anwendbar und übertragbar, und umgekehrt. Das gilt insbesondere in Bezug auf die Analyse mittels PGNA und/oder PFTNA.

Bei verschiedensten Anwendungen, bei denen ein Material verbrannt wird, ist

20 eine Vorhersage über den CO_2 -Ausstoß aufgrund der Verbrennung erforderlich. Das gilt insbesondere für Kraftwerke, die entsprechenden gesetzlichen Vorschriften unterliegen. Der maximal mögliche CO_2 -Ausstoß kann unmittelbar aus der im Material enthaltenen Menge Kohlenstoff ermittelt werden, weil bei der Verbrennung eines Materials nicht mehr CO_2 -Moleküle gebildet werden können als C-

25 Atome in dem Material vorhanden sind. Dazu wird das Material gemäß dem vorliegend beschriebenen Verfahren in Schritt β) mittels PGNA und/oder PFTNA analysiert. Bevorzugt ist eine Analyse mittels PGNA. Damit wird gemäß Schritt γ) insbesondere der Kohlenstoffgehalt des Materials ermittelt. Aus dem Kohlen-

stoffanteil in dem Material wird in Schritt γ) der zu erwartende CO_2 -Ausstoß bei Verbrennung des Materials bestimmt. Das kann durch Berechnung erfolgen.

Bei dem vorliegend beschriebenen Verfahren kann in Schritt β) beispielsweise ein
5 BGO-Detektor (Bismuth-Germanat-Detektor) für die PGNAA beziehungsweise PFTNA eingesetzt werden. Ein solcher ist zwar für die Bestimmung des Kohlenstoffgehalts grundsätzlich geeignet, allerdings hinsichtlich der Auflösung limitiert. Zur besonders genauen Bestimmung des Kohlenstoffgehalts ist daher die Verwendung eines Lanthan-Bromid-Detektors (LaBr_3 -Detektor) und/oder eines
10 Reinst-Germanium-Detektors (High-Purity-Germanium-Detector, HPGe-Detektor) bevorzugt, insbesondere in Kombination mit einem BGO-Detektor. Damit kann der Kohlenstoffpeak im Messergebnis isoliert betrachtet werden. Somit kann im Vollstrom eine Online-Kohlenstoff-Direktbestimmung erfolgen, mit der die CO_2 -Bestimmung signifikant verbessert werden kann.

15

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird weiterhin eine Feuchtigkeit des Materials ermittelt und bei der Ermittlung des Kohlenstoff-Gehalts des Materials berücksichtigt.

20 Der Wassergehalt im Material kann, wie zuvor beschrieben, einen Einfluss auf den Neutronenfluss durch das Material haben. Durch Ermittlung der Feuchtigkeit des Materials kann somit die Messgenauigkeit erhöht werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird Schritt
25 β) unmittelbar an dem gemäß Schritt α) geförderten Material durchgeführt.

Dass die Analyse unmittelbar an dem gemäß Schritt α) geförderten Material durchgeführt wird, bedeutet, dass das Material im Vollstrom, vorzugsweise berührungslos, analysiert wird. Daraus ergeben sich die oben beschriebenen Vorteile.

Als ein weiterer Aspekt wird eine Vorrichtung zum Bestimmen einer bei Verbrennung eines Materials freigesetzten Menge CO₂ vorgestellt. Die Vorrichtung umfasst:

- 5 - eine Fördereinrichtung für das Material,
- eine in oder an der Fördereinrichtung angeordnete Neutronenquelle, die dazu eingerichtet ist, Neutronen in das Material einzuleiten, wenn sich das Material in oder auf der Fördereinrichtung befindet,
- einen in oder an der Fördereinrichtung angeordneten Strahlungsdetektor zum
10 Detektieren von Strahlung, die in oder an der Fördereinrichtung durch in das Material eingeleitete Neutronen erzeugt wird,
- eine Auswerteeinheit, die dazu eingerichtet ist, aus der vom Strahlungsdetektor detektierten Strahlung nach Art der Prompten-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse, PGNA, und/oder der Pulsed Fast Neutron Activation
15 Analysis, PFTNA, einen Kohlenstoff-Gehalt des Materials zu ermitteln und aus dem bestimmten Kohlenstoff-Gehalt die bei Verbrennung des Materials freigesetzte Menge CO₂ zu bestimmen.

Die beschriebenen besonderen Vorteile und Ausgestaltungsmerkmale der drei
20 beschriebenen Verfahren und der beiden zuvor beschriebenen Vorrichtungen sind auf die vorliegend beschriebene Vorrichtung zum Bestimmen einer bei Verbrennung eines Materials freigesetzten Menge CO₂ anwendbar und übertragbar, und umgekehrt. Insbesondere ist die vorliegend beschriebene Vorrichtung vorzugsweise zur Durchführung des dritten der drei zuvor beschriebenen Verfahren eingerichtet. Insbesondere wird das dritte der drei zuvor beschriebenen Verfahren vorzugsweise mit der beschriebenen Vorrichtung ausgeführt.
25

Vorzugsweise umfasst die Vorrichtung eine Mehrzahl von Strahlungsdetektoren und/oder eine Mehrzahl von Neutronenquellen. Insbesondere können eine Neut-

ronenquelle und eine Mehrzahl von Strahlungsdetektoren verwendet werden. Insbesondere bei großen Materialdicken ist die Verwendung mehrerer Neutronenquellen bevorzugt, um einen Anregungsbereich im Material zu vergrößern.

- 5 Die Erfindung sowie das technische Umfeld werden nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Erfindung durch die gezeigten Ausführungsbeispiele nicht beschränkt werden soll. Insbesondere ist es, soweit nicht explizit anders dargestellt, auch möglich, Teilaspekte der in den Figuren erläuterten Sachverhalte zu extrahieren und mit anderen Bestandteilen und
- 10 Erkenntnissen aus der vorliegenden Beschreibung und/oder Figuren zu kombinieren. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass die Figuren und insbesondere die dargestellten Größenverhältnisse nur schematisch sind. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche Gegenstände, so dass ggf. Erläuterungen aus anderen Figuren ergänzend herangezogen werden können. Es zeigen:
- 15
- Fig. 1: einen schematischen Ablauf eines ersten erfindungsgemäßen Verfahrens zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials,
- Fig. 2: eine schematische Draufsicht auf eine erste erfindungsgemäße Vorrichtung zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials
- 20 gemäß dem Verfahren aus Fig. 1,
- Fig. 3: eine schematische Seitenansicht der Vorrichtung aus Fig. 2,
- 25 Fig. 4: eine schematische Seitenansicht einer zweiten erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials gemäß dem Verfahren aus Fig. 1,

- Fig. 5: einen schematischen Ablauf eines zweiten erfindungsgemäßen Verfahrens zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials,
- Fig. 6: eine schematische Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials gemäß dem Verfahren aus Fig. 5,
- Fig. 7: eine schematische Seitenansicht der Vorrichtung aus Fig. 6,
- Fig. 8: einen schematischen Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Bestimmen einer bei Verbrennung eines Materials freigesetzten Menge CO_2 ,
- Fig. 9: eine schematische Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Bestimmen einer bei Verbrennung eines Materials freigesetzten Menge CO_2 gemäß dem Verfahren aus Fig. 8, und
- Fig. 10: eine schematische Seitenansicht der Vorrichtung aus Fig. 9.
- Fig. 1 zeigt einen schematischen Ablauf eines ersten Verfahrens zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials 1. Die verwendeten Bezugszeichen beziehen sich auf die Fig. 2 bis 4. Das Verfahren umfasst:
- Fördern des Materials 1,
 - Analysieren des gemäß Schritt a) geförderten Materials 1 mittels Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS, und/oder mittels Röntgen-Fluoreszenz-Analyse, RFA,
 - Analysieren des gemäß Schritt a) geförderten Materials 1 mittels Prompter-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse, PGNA, und/oder Pulsed Fast Neutron Activation Analysis, PFTNA,

- d) Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials 1 anhand der Ergebnisse aus Schritt b) und c).

In Schritt b) und/oder c) wird weiterhin eine Feuchtigkeit des Materials 1 ermittelt
5 und bei der Ermittlung der Elementzusammensetzung des Materials 1 berücksichtigt.

Die Schritte b) und c) können unmittelbar an dem gemäß Schritt a) geförderten Material 1 durchgeführt werden. Das ist in Fig. 2 und 3 gezeigt. Alternativ kann
10 aber insbesondere Schritt b) an einer von dem gemäß Schritt a) geförderten Material 1 abgezweigten Menge des Materials 1 durchgeführt werden. Das ist in Fig. 4 gezeigt.

Fig. 2 zeigt eine schematische Draufsicht auf eine Vorrichtung 2 zum Ermitteln
15 der Elementzusammensetzung eines Materials 1 gemäß dem Verfahren aus Fig. 1. Die Vorrichtung 2 umfasst eine Fördereinrichtung 3 für das Material 1. Mit der Fördereinrichtung 3 kann das Material 1 wie durch einen Pfeil angedeutet gefördert werden. Weiterhin umfasst die Vorrichtung 2 eine an der Fördereinrichtung 3 angeordnete Neutronenquelle 4, die dazu eingerichtet ist, Neutronen in das Mate-
20 rial 1 einzuleiten, wenn sich das Material 1 auf der Fördereinrichtung 3 befindet. Weiterhin umfasst die Vorrichtung 2 einen an der Fördereinrichtung 3 angeordneten Strahlungsdetektor 5 zum Detektieren von Strahlung, die an der Fördereinrichtung 3 durch in das Material 1 eingeleitete Neutronen erzeugt wird. Im gezeigten Beispiel sind eine Neutronenquelle 4 und ein Strahlungsdetektor 5 vorgesehen. Es
25 können aber auch mehrere Neutronenquellen 4 und/oder mehrere Strahlungsdetektoren 5 vorgesehen sein. Bevorzugt sind eine Neutronenquelle 4 und mehrere Strahlungsdetektoren 5 vorgesehen. Weiterhin umfasst die Vorrichtung 2 eine LIBS-Einrichtung 6 zur Analyse des Materials 1 mittels Laser induced Break-down Spectroscopy, LIBS, und eine RFA-Einrichtung 7 zur Analyse des Materi-

als 1 mittels Röntgen-Fluoreszenz-Analyse, RFA. Die LIBS-Einrichtung 6 und die RFA-Einrichtung 7 sind in Fig. 2 als eine Einheit zusammengefasst. Weiterhin umfasst die Vorrichtung 2 eine Auswerteeinheit 8, die dazu eingerichtet ist, aus der vom Strahlungsdetektor 5 detektierten Strahlung nach Art der Prompten-
5 Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse, PGNA, und/oder der Pulsed Fast Neutron Activation Analysis, PFTNA, sowie anhand von Ergebnissen der Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS, und/oder der Röntgen-Fluoreszenz-Analyse, RFA, die Elementzusammensetzung des Materials 1 zu ermitteln. Dazu sind der Strahlungsdetektor 5, die LIBS-Einrichtung 6 und die RFA-Einrichtung 7
10 über Kabel mit der Auswerteeinheit 8 verbunden. Auch die Neutronenquelle 4 ist über ein Kabel mit der Auswerteeinheit 8 verbunden, was aber beispielsweise bei Verwendung einer radioaktiven Substanz als Neutronenquelle 4 nicht erforderlich ist. In der vorliegenden Ausführungsform wird das Material 1 in einem Vollstrom
12 analysiert.

15

Fig. 3 zeigt eine schematische Seitenansicht der Vorrichtung aus Fig. 2.

Fig. 4 zeigt eine schematische Seitenansicht einer Vorrichtung 2 zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials 1 gemäß dem Verfahren aus Fig.
20 1. Die Vorrichtung 2 umfasst eine Neutronenquelle 4 und einen Strahlungsdetektor 5, zwei LIBS-Einrichtungen 6 und eine RFA-Einrichtung 7. Dadurch wird das Material 1 einerseits mittels PGNA in einem Vollstrom 12 analysiert, andererseits mittels LIBS und RFA in einem Teilstrom 13. Insoweit erfolgt die Analyse durch LIBS und RFA an einer abgezweigten Menge des Materials 1. Der Teilstrom 13 kann mittels einer Abzweigeeinrichtung 10 der Vorrichtung 2 vom Vollstrom 12 abgezweigt werden.
25

Fig. 5 zeigt einen schematischen Ablauf eines Verfahrens zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials 1. Die verwendeten Bezugszeichen beziehen sich auf die Fig. 6 und 7. Das Verfahren umfasst:

- A) Fördern des Materials 1,
 - 5 B) Abzweigen eines Teils des gemäß Schritt A) geförderten Materials 1,
 - C) Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials 1 durch Analyse des gemäß Schritt B) abgezweigten Teils des Materials 1 mittels Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS.
- 10 In Schritt C) kann ein Kohlenstoff-Gehalt des Materials 1 bestimmt werden, wobei aus dem bestimmten Kohlenstoff-Gehalt eine bei Verbrennung des Materials 1 freigesetzte Menge CO₂ bestimmt werden kann. In Schritt C) kann weiterhin eine Röntgen-Fluoreszenz-Analyse, RFA, an dem gemäß Schritt B) abgezweigten Teil
- 15 zung des Materials 1 berücksichtigt werden.

- Fig. 6 zeigt eine schematische Draufsicht auf eine Vorrichtung 9 zum Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials 1 gemäß dem Verfahren aus Fig. 5. Die Vorrichtung 9 umfasst eine Fördereinrichtung 3 für das Material 1. Weiterhin
- 20 umfasst die Vorrichtung 9 eine Abzweigeeinrichtung 10 zum Abzweigen eines Teils des mit der Fördereinrichtung 3 geförderten Materials 1. Somit kann von einem Vollstrom 12 des Materials 1 ein Teilstrom 13 abgezweigt werden. Die Vorrichtung 9 umfasst weiterhin eine LIBS-Einrichtung 6 zur Analyse des mit der Abzweigeeinrichtung 10 abgezweigten Teils des Materials 1 mittels Laser in-
- 25 duced Breakdown Spectroscopy, LIBS. Außerdem umfasst die Vorrichtung 9 eine Auswerteeinheit 8, die dazu eingerichtet ist, anhand der Ergebnisse der Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS, die Elementzusammensetzung des Materials 1 zu ermitteln.

Fig. 7 zeigt eine schematische Seitenansicht der Vorrichtung aus Fig. 6.

Fig. 8 zeigt einen schematischen Ablauf eines Verfahrens zum Bestimmen einer bei Verbrennung eines Materials 1 freigesetzten Menge CO_2 . Die verwendeten
5 Bezugszeichen beziehen sich auf die Fig. 9 und 10. Das Verfahren umfasst:

- α) Fördern des Materials 1,
- β) Analysieren des gemäß Schritt α) geförderten Materials 1 mittels Prompter-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse, PGNA, und/oder Pulsed Fast Neutron Activation Analysis, PFTNA,
- 10 γ) Ermitteln eines Kohlenstoff-Gehalts des Materials 1 anhand der Ergebnisse aus Schritt β), wobei aus dem bestimmten Kohlenstoff-Gehalt die bei Verbrennung des Materials 1 freigesetzte Menge CO_2 bestimmt wird.

In Schritt γ) kann weiterhin eine Feuchtigkeit des Materials 1 ermittelt und bei der
15 Ermittlung des Kohlenstoff-Gehalts des Materials 1 berücksichtigt werden. Schritt β) kann unmittelbar an dem gemäß Schritt α) geförderten Material 1 durchgeführt werden.

Fig. 9 zeigt eine schematische Draufsicht auf eine Vorrichtung 11 zum Ermitteln
20 einer Elementzusammensetzung eines Materials 1 gemäß dem Verfahren aus Fig. 8. Die Vorrichtung 11 umfasst eine Fördereinrichtung 3 für das Material 1. Weiterhin umfasst die Vorrichtung 11 eine an der Fördereinrichtung 3 angeordnete Neutronenquelle 4, die dazu eingerichtet ist, Neutronen in das Material 1 einzuleiten, wenn sich das Material 1 auf der Fördereinrichtung 3 befindet. Weiterhin
25 umfasst die Vorrichtung 11 einen an der Fördereinrichtung 3 angeordneten Strahlungsdetektor 5 zum Detektieren von Strahlung, die an der Fördereinrichtung 3 durch in das Material 1 eingeleitete Neutronen erzeugt wird. Im gezeigten Beispiel sind eine Neutronenquelle 4 und ein Strahlungsdetektor 5 vorgesehen. Es können aber auch mehrere Neutronenquellen 4 und/oder mehrere Strahlungsde-

- tektoren 5 vorgesehen sein. Bevorzugt sind eine Neutronenquelle 4 und mehrere Strahlungsdetektoren 5 vorgesehen. Weiterhin umfasst die Vorrichtung 11 eine Auswerteeinheit 8, die dazu eingerichtet ist, aus der vom Strahlungsdetektor 5 detektierten Strahlung nach Art der Prompten-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-
- 5 Analyse, PGNAA, und/oder der Pulsed Fast Neutron Activation Analysis, PFTNA, einen Kohlenstoff-Gehalt des Materials 1 zu ermitteln und aus dem bestimmten Kohlenstoff-Gehalt die bei Verbrennung des Materials 1 freigesetzte Menge CO₂ zu bestimmen.
- 10 Mit den beschriebenen Vorrichtungen 2, 9, 11 und Verfahren kann die Elementzusammensetzung in einem Material 1 mit einer besonders hohen Messgenauigkeit ermittelt werden, in dem PGNAA, PFTNA und/oder LIBS auf ein Material 1 in oder auf einer Fördereinrichtung 3 angewendet wird.

Bezugszeichenliste

	1	Material
	2	Vorrichtung
5	3	Fördereinrichtung
	4	Neutronenquelle
	5	Strahlungsdetektor
	6	LIBS-Einrichtung
	7	RFA-Einrichtung
10	8	Auswerteeinheit
	9	Vorrichtung
	10	Abzweigeeinrichtung
	11	Vorrichtung
	12	Vollstrom
15	13	Teilstrom

20

Ansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials (1), umfassend:
 - 5 a) Fördern des Materials (1),
 - b) Analysieren des gemäß Schritt a) geförderten Materials (1) mittels Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS, und/oder mittels Röntgen-Fluoreszenz-Analyse, RFA,
 - 10 c) Analysieren des gemäß Schritt a) geförderten Materials (1) mittels Prompter-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse, PGNA, und/oder Pulsed Fast Neutron Activation Analysis, PFTNA,
 - d) Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials (1) anhand der Ergebnisse aus Schritt b) und c).
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in Schritt b) und/oder c) weiterhin eine Feuchtigkeit des Materials (1) ermittelt und bei der Ermittlung der Elementzusammensetzung des Materials (1) berücksichtigt wird.
- 20 3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei Schritt b) an einer von dem gemäß Schritt a) geförderten Material (1) abgezweigten Menge des Materials (1) durchgeführt wird.
- 25 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei Schritt b) unmittelbar an dem gemäß Schritt a) geförderten Material (1) durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei Schritt c) unmittelbar an dem gemäß Schritt a) geförderten Material (1) durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei weiterhin mindestens eine der folgenden Analysen durchgeführt wird:
- eine radiometrische Ascheanalyse,
 - eine Infrarot-Spektroskopie,
 - 5 - eine Radarmessung,
 - eine Volumenstrommessung,
 - eine Ultraschallmessung,
 - eine optische Analyse,
 - eine Analyse mittels Gammastrahlenrückstreuung und -absorption,
 - 10 - eine Massebestimmung.
7. Vorrichtung (2) zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials (1), umfassend:
- eine Fördereinrichtung (3) für das Material (1),
 - 15 - eine in oder an der Fördereinrichtung (3) angeordnete Neutronenquelle (4), die dazu eingerichtet ist, Neutronen in das Material (1) einzuleiten, wenn sich das Material (1) in oder auf der Fördereinrichtung (3) befindet,
 - einen in oder an der Fördereinrichtung (3) angeordneten Strahlungsdetektor (5) zum Detektieren von Strahlung, die in oder an der Fördereinrichtung (3) durch in das Material (1) eingeleitete Neutronen erzeugt wird,
 - 20 - eine LIBS-Einrichtung (6) zur Analyse des Materials (1) mittels Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS, und/oder eine RFA-Einrichtung (7) zur Analyse des Materials (1) mittels Röntgen-Fluoreszenz-Analyse, RFA,
 - 25 - eine Auswerteeinheit (8), die dazu eingerichtet ist, aus der vom Strahlungsdetektor (5) detektierten Strahlung nach Art der Prompten-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse, PGNA, und/oder der Pulsed Fast Neutron Activation Analysis, PFTNA, sowie anhand von Ergebnissen der Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS, und/oder der Röntgen-

Fluoreszenz-Analyse, RFA, die Elementzusammensetzung des Materials (1) zu ermitteln.

- 5 8. Verfahren zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials (1), umfassend:
- A) Fördern des Materials (1),
 - B) Abzweigen eines Teils des gemäß Schritt A) geförderten Materials (1),
 - C) Ermitteln der Elementzusammensetzung des Materials (1) durch Analyse des gemäß Schritt B) abgezweigten Teils des Materials (1) mittels Laser
- 10 induced Breakdown Spectroscopy, LIBS.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei in Schritt C) ein Kohlenstoff-Gehalt des Materials (1) bestimmt wird, und wobei aus dem bestimmten Kohlenstoff-Gehalt eine bei Verbrennung des Materials (1) freigesetzte Menge CO₂ bestimmt wird.
- 15
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, wobei in Schritt C) weiterhin eine Röntgen-Fluoreszenz-Analyse, RFA, an dem gemäß Schritt B) abgezweigten Teil des Materials (1) durchgeführt und bei der Ermittlung der Elementzusammensetzung des Materials (1) berücksichtigt wird.
- 20
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei weiterhin mindestens eine der folgenden Analysen durchgeführt wird:
- eine radiometrische Ascheanalyse,
 - 25 - eine Infrarot-Spektroskopie,
 - eine Radarmessung,
 - eine Volumenstrommessung,
 - eine Ultraschallmessung,
 - eine optische Analyse,

- eine Analyse mittels Gammastrahlenrückstreuung und -absorption,
 - eine Massebestimmung.
12. Vorrichtung (9) zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials (1), umfassend:
- eine Fördereinrichtung (3) für das Material (1),
 - eine Abzweigeeinrichtung (10) zum Abzweigen eines Teils des mit der Fördereinrichtung (3) geförderten Materials (1),
 - eine LIBS-Einrichtung (6) zur Analyse einer mit der Abzweigeeinrichtung (10) abgezweigten Teils des Materials (1) mittels Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS,
 - eine Auswerteeinheit (8), die dazu eingerichtet ist, anhand der Ergebnisse der Laser induced Breakdown Spectroscopy, LIBS, die Elementzusammensetzung des Materials (1) zu ermitteln.
13. Verfahren zum Bestimmen einer bei Verbrennung eines Materials (1) freigesetzten Menge CO₂, umfassend:
- α) Fördern des Materials (1),
 - β) Analysieren des gemäß Schritt α) geförderten Materials (1) mittels Prompter-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse, PGNAA, und/oder Pulsed Fast Neutron Activation Analysis, PFTNA,
 - γ) Ermitteln eines Kohlenstoff-Gehalts des Materials (1) anhand der Ergebnisse aus Schritt β), wobei aus dem bestimmten Kohlenstoff-Gehalt die bei Verbrennung des Materials (1) freigesetzte Menge CO₂ bestimmt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei weiterhin eine Feuchtigkeit des Materials (1) ermittelt und bei der Ermittlung des Kohlenstoff-Gehalts des Materials (1) berücksichtigt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, wobei Schritt β) unmittelbar an dem gemäß Schritt α) geförderten Material (1) durchgeführt wird.
- 5 16. Vorrichtung (11) zum Bestimmen einer bei Verbrennung eines Materials (1) freigesetzten Menge CO_2 , umfassend:
- eine Fördereinrichtung (3) für das Material (1),
 - eine in oder an der Fördereinrichtung (3) angeordnete Neutronenquelle (4),
10 die dazu eingerichtet ist, Neutronen in das Material (1) einzuleiten, wenn sich das Material (1) in oder auf der Fördereinrichtung (3) befindet,
 - einen in oder an der Fördereinrichtung (3) angeordneten Strahlungsdetektor (5) zum Detektieren von Strahlung, die in oder an der Fördereinrichtung (3) durch in das Material (1) eingeleitete Neutronen erzeugt wird,
 - eine Auswerteeinheit (8), die dazu eingerichtet ist, aus der vom Strah-
15 lungsdetektor (5) detektierten Strahlung nach Art der Prompten-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse, PGNA, und/oder der Pulsed Fast Neutron Activation Analysis, PFTNA, einen Kohlenstoff-Gehalt des Materials (1) zu ermitteln und aus dem bestimmten Kohlenstoff-Gehalt die bei Verbrennung des Materials (1) freigesetzte Menge CO_2 zu bestimmen.

20

1/4

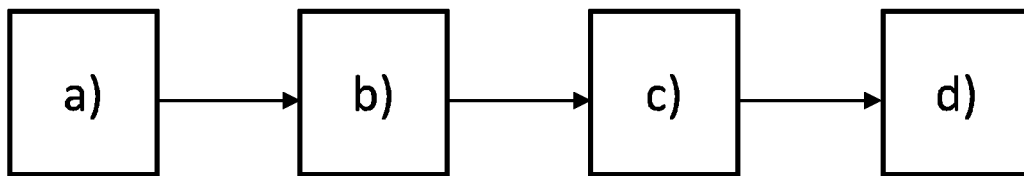


Fig. 1

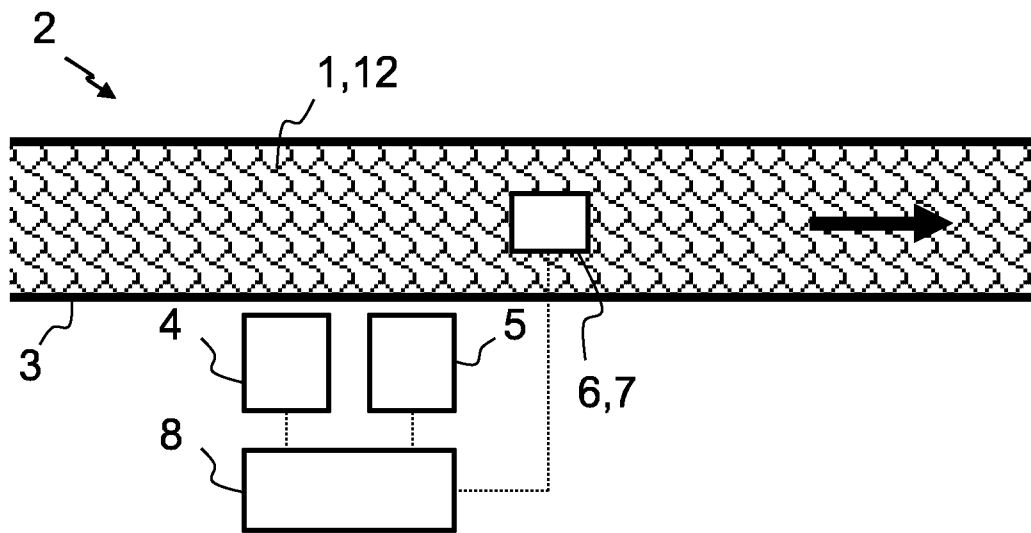


Fig. 2

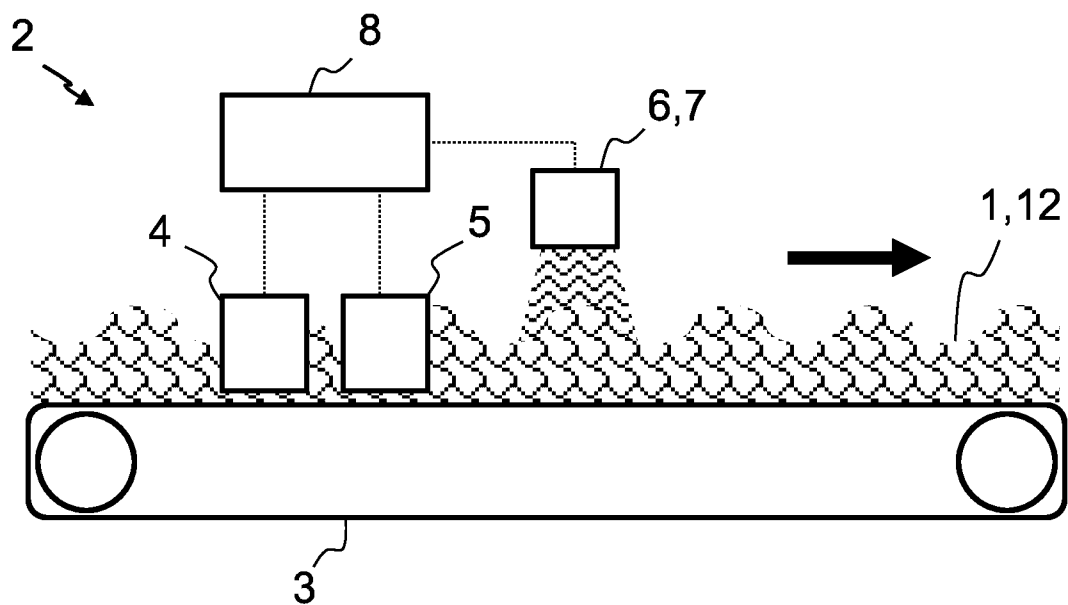


Fig. 3

2/4

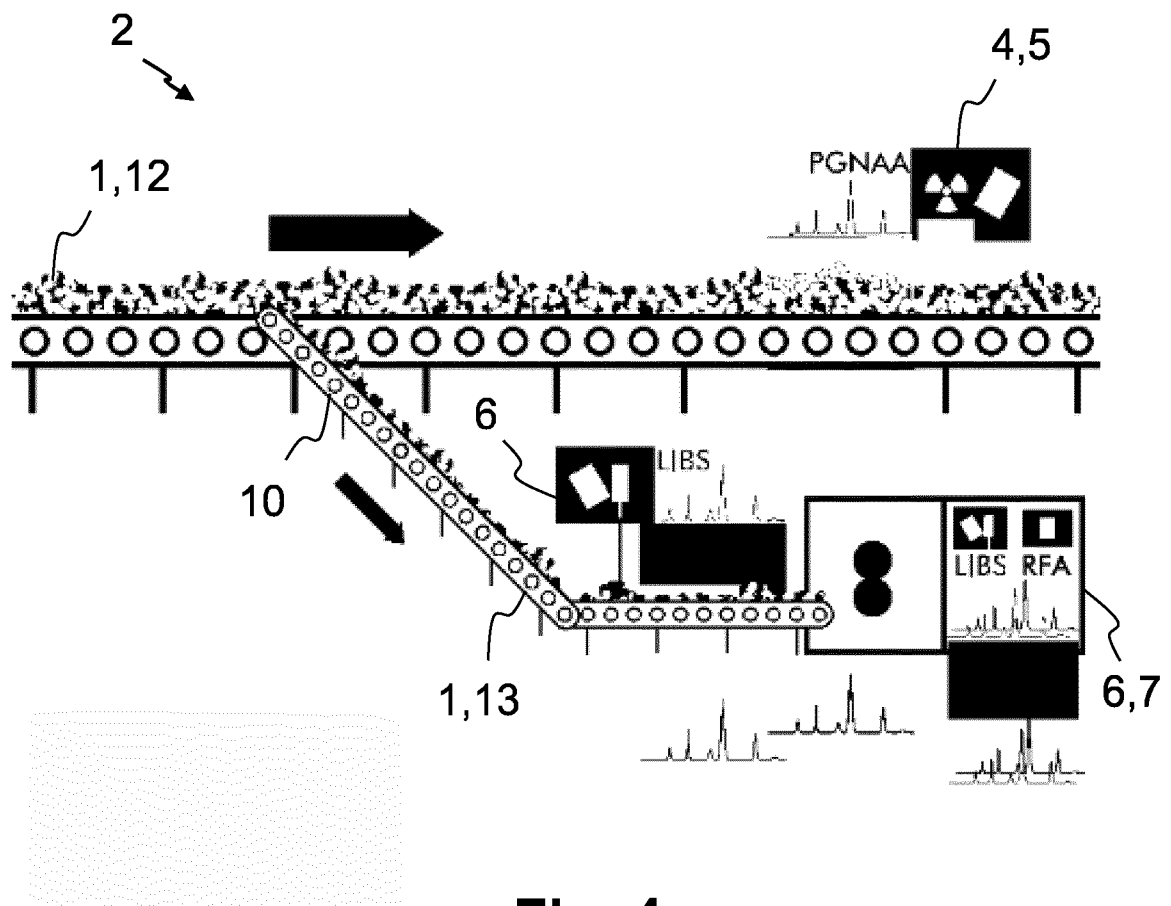


Fig. 4

3/4

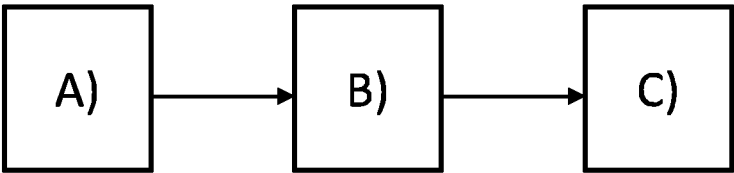


Fig. 5

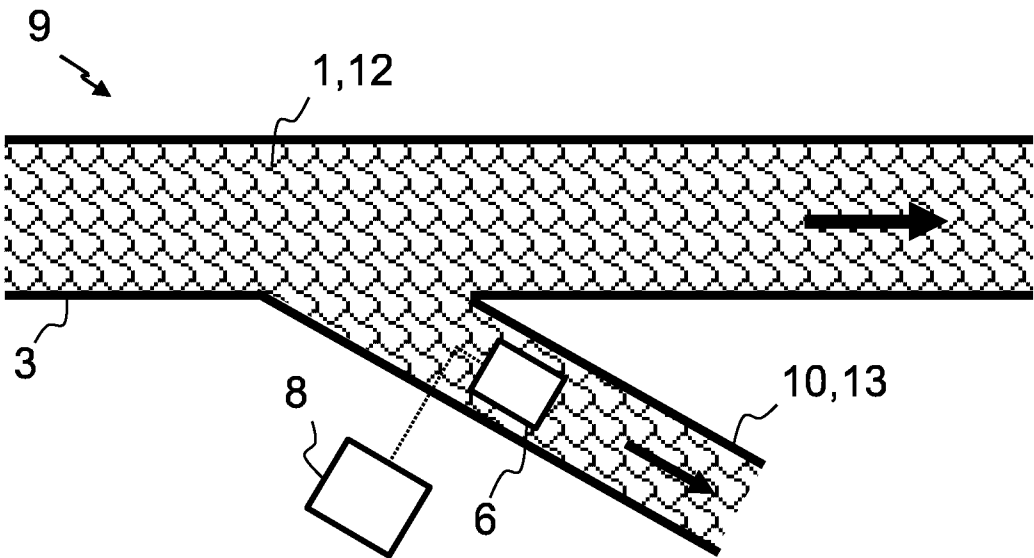


Fig. 6

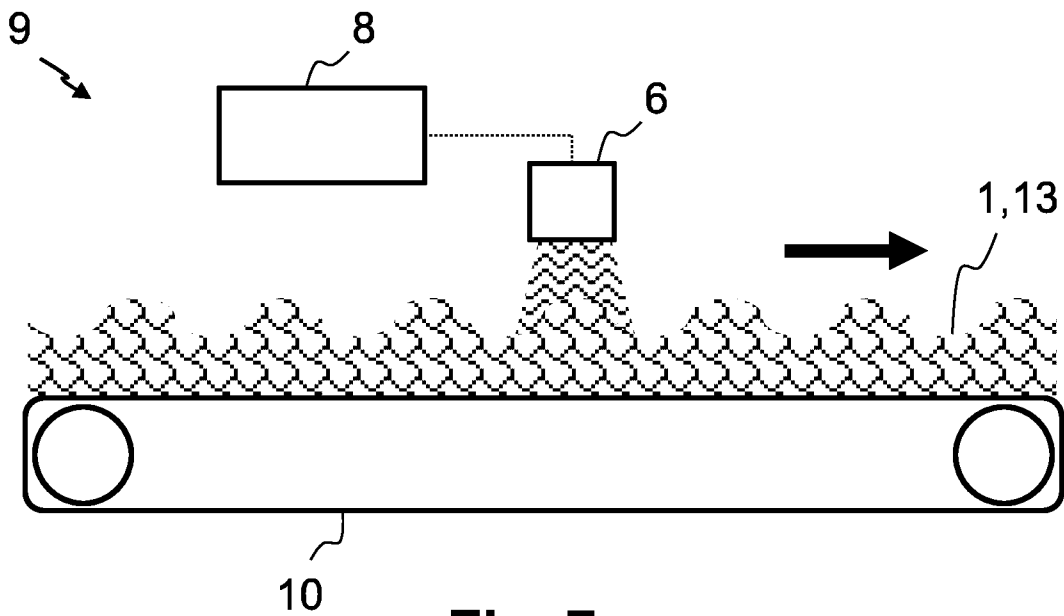
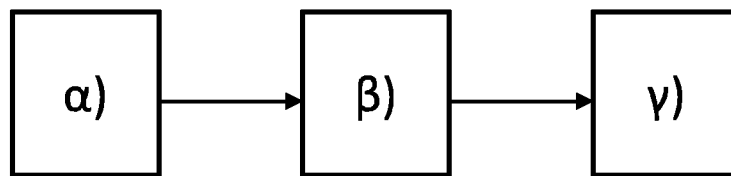
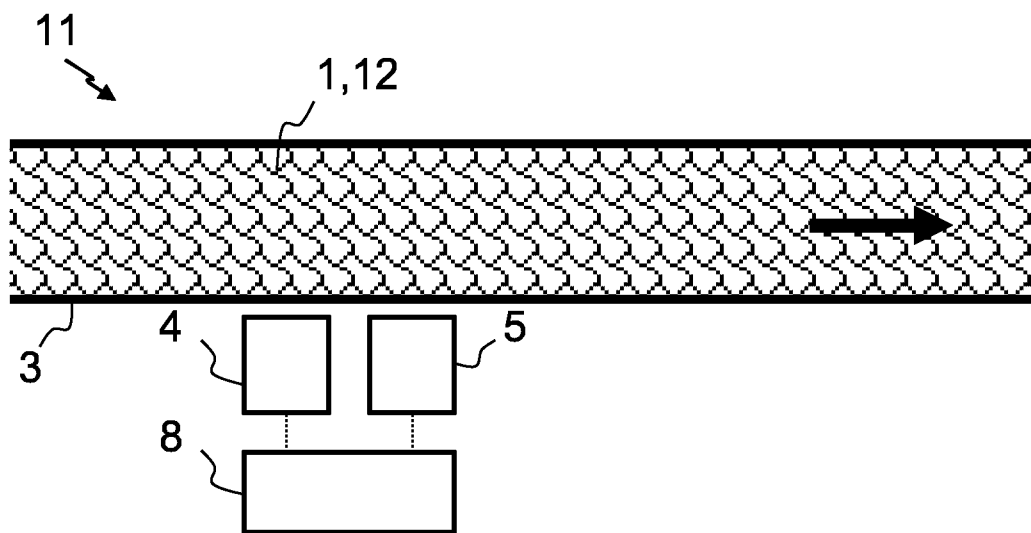
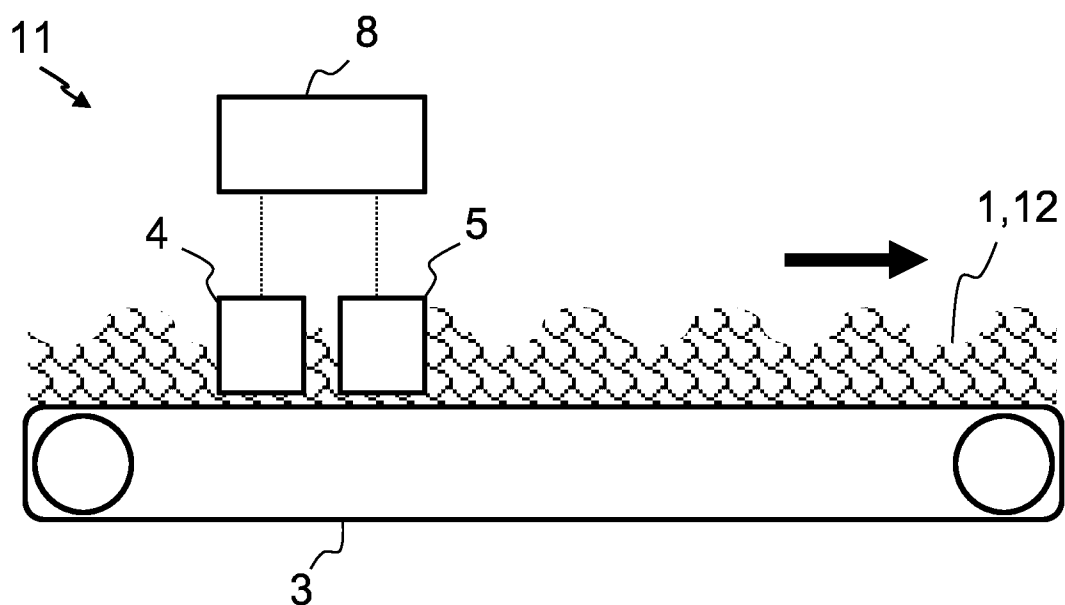


Fig. 7

4/4

**Fig. 8****Fig. 9****Fig. 10**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/058385

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01N 23/222**(2006.01)i; **G01N 21/71**(2006.01)i; **G01N 21/85**(2006.01)n; **G01N 21/359**(2014.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GAFT M ET AL. "Laser Induced Breakdown Spectroscopy machine for online ash analyses in coal" <i>SPECTROCHIMICA ACTA. PART B: ATOMIC SPECTROSCOPY, NEW YORK, NY, US, US</i> , Vol. 63, No. 10, 01 October 2008 (2008-10-01), pages 1177-1182, [retrieved on 2008-07-02] DOI: 10.1016/J.SAB.2008.06.007 ISSN: 0584-8547, XP025644502 abstract page 1178, left-hand column - right-hand column, paragraph 1 page 1179, left-hand column, last paragraph page 1181, right-hand column, last paragraph figures 1,2,6	1,2,4-7
X	CN 208366990 U (UNIV NANJING AERONAUTICS & ASTRONAUTICS) 11 January 2019 (2019-01-11) abstract Detailed ways figure 1	1,3,5,7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 May 2020

Date of mailing of the international search report

03 August 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

D'Alessandro, Davide

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/058385

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	MAMO DILBETIGLE ASSEFA ET AL. "Multi-elemental INAA and CF-LIBS techniques for analysis of rocks of Ethiopian Tropical forest area of Tepi" <i>EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL APPLIED PHYSICS.</i> , FR, Vol. 62, No. 3, 01 June 2013 (2013-06-01), page 30701 DOI: 10.1051/epjap/2013120525 ISSN: 1286-0042, XP055696411 abstract paragraphs [2.2.1], [02.3] page 8, right-hand column, last paragraph	1,7

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-7

Method and device for determining an elemental composition of a material in/on a conveying device by means of laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) / X-ray fluorescence analysis (XRF) and prompt gamma neutron activation analysis (PGNAA) / pulsed fast neutron activation analysis (PFTNA).

2. claims: 8-12

Method and device for determining an elemental composition of a material in/on a conveying device, wherein a branched-off part of the conveyed material is analyzed by means of laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS).

3. claims: 13-16

Method and device for determining a CO₂ amount released during the combustion of a material, wherein the material is conveyed and the carbon content of the material is determined by means of prompt gamma neutron activation analysis (PGNAA) / pulsed fast neutron activation analysis (PFTNA).

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: **1-7**

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/058385

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 208366990 U	11 January 2019	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01N23/222 G01N21/71
ADD. G01N21/85 G01N21/359

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01N

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GAFT M ET AL: "Laser Induced Breakdown Spectroscopy machine for online ash analyses in coal", SPECTROCHIMICA ACTA. PART B: ATOMIC SPECTROSCOPY, NEW YORK, NY, US, US, Bd. 63, Nr. 10, 1. Oktober 2008 (2008-10-01), Seiten 1177-1182, XP025644502, ISSN: 0584-8547, DOI: 10.1016/J.SAB.2008.06.007 [gefunden am 2008-07-02] Zusammenfassung Seite 1178, linke Spalte - rechte Spalte, Absatz 1 Seite 1179, linke Spalte, letzter Absatz Seite 1181, rechte Spalte, letzter Absatz Abbildungen 1,2,6 ----- -/-	1,2,4-7



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Mai 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

03/08/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

D'Alessandro, Davide

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	CN 208 366 990 U (UNIV NANJING AERONAUTICS & ASTRONAUTICS) 11. Januar 2019 (2019-01-11) Zusammenfassung Detailed ways Abbildung 1	1,3,5,7
X	----- MAMO DILBETIGLE ASSEFA ET AL: "Multi-elemental INAA and CF-LIBS techniques for analysis of rocks of Ethiopian Tropical forest area of Tepi", EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL APPLIED PHYSICS., Bd. 62, Nr. 3, 1. Juni 2013 (2013-06-01), Seite 30701, XP055696411, FR ISSN: 1286-0042, DOI: 10.1051/epjap/2013120525 Zusammenfassung Absätze [2.2.1], [02.3] Seite 8, rechte Spalte, letzter Absatz -----	1,7

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
1-7

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-7

Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials in/auf einer Fördereinrichtung mittels Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) / Röntgen-Fluoreszenz-Analyse (RFA) und Prompter-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse (PGNAA) / Pulsed Fast Neutron Activation Analysis (PFTNA)

2. Ansprüche: 8-12

Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln einer Elementzusammensetzung eines Materials in/auf einer Fördereinrichtung, wobei ein abgezweigter Teil des geförderten Materials mittels Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) analysiert wird.

3. Ansprüche: 13-16

Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen einer bei Verbrennung eines Materials freigesetzten Menge CO₂, wobei das Material gefördert wird und der Kohlenstoff-Gehalt des Materials mittels Prompter-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-Analyse (PGNAA) / Pulsed Fast Neutron Activation Analysis (PFTNA) ermittelt wird.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/058385

Im Recherchenbericht
angeführtes Patentdokument

Datum der
Veröffentlichung

Mitglied(er) der
Patentfamilie

Datum der
Veröffentlichung

CN 208366990 U 11-01-2019 KEINE
