



## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Recycling von Abfällen, die in einem Stahlwerk anfallen. Erfindungsgemäß werden aus mehreren Abfallstoffen Briketts erstellt, wobei ein  
5 Anteil an Eisenoxid in den Briketts zumindest 35 Gewichtsprozent beträgt, wonach die Briketts erwärmt und das Eisenoxid zumindest teilweise reduziert wird.

Des Weiteren umfasst die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

10

**Fig. 1**

## **Verfahren und Vorrichtung zum Recycling von Stahlwerksabfällen aus der Stahlproduktion**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Recycling von Abfällen, die in einem Stahlwerk  
5 anfallen.

Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

10 Bei Stahlwerken handelt es sich in der Regel um sehr große Betriebe, welche neben einem oder mehreren Hochöfen als zentrale Einheit für die Gewinnung von flüssigem Eisen auch mehrere nebengeordnete Anlagen umfassen, beispielsweise eine Kokerei zur Herstellung des erforderlichen Koks. In allen einzelnen Anlagen können Abfallstoffe anfallen, die teils auch aufwendig zu entsorgen sind und daher zusätzliche Kosten  
15 verursachen. Teilweise sind zwar auch Verfahren bekannt, mit welchen einzelne Abfallstoffe nach Aufbereitung wieder in den Stahlerzeugungsprozess rückgeführt werden, allerdings bleibt die vorstehend erläuterte Problematik für den Rest der Abfallstoffe bestehen.

20 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, welches eine Aufarbeitung der Abfallstoffe aus einem Stahlwerk in einer Weise ermöglicht, sodass möglichst viele Abfallstoffe in den Stahlwerksprozess rückgeführt werden oder alternativ in anderen metallurgischen Prozessen eingesetzt werden können.

25 Ein weiteres Ziel ist es, eine hierfür geeignete Vorrichtung bereitzustellen.

Die verfahrensmäßige Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, wenn bei einem Verfahren der eingangs genannten Art aus mehreren Abfallstoffen Briketts erstellt werden, wobei ein Anteil an Eisenoxid in den Briketts zumindest 35 Gewichtsprozent beträgt, wonach die  
30 Briketts erwärmt und das Eisenoxid zumindest teilweise reduziert wird.

Im Rahmen der Erfindung wurde erkannt, dass zumindest einige in einem Stahlwerk anfallende Abfallstoffe miteinander zu einem Brikett kombiniert werden können und dieses Brikett dann bei einem gegebenen Anteil an Eisenoxid durch Erwärmung und Reduktion

des Eisenoxids ein Eisenschwamm aufweisendes Brikett ergibt, welches in den Stahlwerksprozess rückgeführt werden kann. Alternativ ist es auch möglich, die so erstellten Briketts in anderen metallurgischen Prozessen einzusetzen bzw. diesen beizumengen. Im Gegensatz zu bekannten Verfahren wird somit das Eisen reduziert und nach Reduktion als hochwertiger Eisenschwamm in den Prozess rückgeführt.

Die fertig erstellten Briketts weisen Eisen als Eisenschwamm auf. Um eine möglichst hohe Qualität der Briketts in Bezug auf deren weiteren Einsatz in metallurgischen Prozessen zu erreichen, ist es bevorzugt, dass der Anteil an Eisenoxid in den Briketts zumindest 40 Gewichtsprozent, insbesondere zumindest 50 Gewichtsprozent beträgt. Bei der Erstellung der Briketts lassen sich die Anteile der einzelnen Abfallstoffe in beliebiger Weise einstellen. Dabei können auch unterschiedliche Abfallstoffe aus unterschiedlichen Anlagen eingesetzt werden. Die nachstehende Tabelle 1 gibt einen Überblick über diverse Abfallstoffe, die in einem Stahlwerk anfallen, und die Hauptkomponenten, welche beim Recycling gemäß der Erfindung wiederverwertet werden.

**Tabelle 1:** Abfallstoffe und deren Hauptkomponenten

Abfallstoff	Quelle	Hauptkomponente(n)
feiner Eisenerzstaub	Eisenoxidlagerstelle	Eisen
Koksgrus	Kokerei	Kohlenstoff
Sinterstaub	Sinteranlage	Eisen und Zuschlagstoffe
Staub und Schlamm	Hochofen	Eisen, Kohlenstoff und Zuschlagstoffe
Walzzunder	Walzanlage	Eisen
Stranggusszunder	Stranggussanlage	Eisen

Ein Anteil an Kohlenstoff in den Briketts sollte zumindest vier Gewichtsprozent, vorzugsweise zumindest sechs Gewichtsprozent, insbesondere zumindest acht Gewichtsprozent, betragen. Ein gewisser Anteil an Kohlenstoff ist für die gewünschte spätere Reduktion des Eisenoxids in den Briketts erforderlich. Wie auch alle anderen Einwaagen bzw. Zugaben bei der Erstellung der Briketts kann der entsprechende und erforderliche Anteil stöchiometrisch berechnet werden.

Bei der Herstellung der Briketts ist es günstig, wenn zumindest ein Bindemittel beigemischt wird. Der Anteil an Bindemittel wird dabei bevorzugt unter zehn Gewichtsprozent gehalten. Geeignete Bindemittel und Zusatzstoffe für eine Konsistenz der Briketts in der Weise, dass sich diese später gut handhaben lassen, können bis zu 5 vier Gewichtsprozent Bitumen und/oder bis zu vier Gewichtsprozent Zement oder alternativ oder ergänzend Bentonite und/oder bis zu vier Gewichtsprozent, vorzugsweise bis zu zwei Gewichtsprozent, eines Harzes umfassen. Das Harz kann beispielsweise ein Epoxyresin sein. Darüber hinaus wird üblicherweise auch eine geringe Menge an Wasser zugegeben, um die zusammengemischte Zusammensetzung in einfacher Weise zu 10 Briketts verarbeiten zu können. Ein Anteil an Wasser liegt üblicherweise im Bereich von bis zu vier Gewichtsprozent, insbesondere zwei bis drei Gewichtsprozent. Möglich ist es zusätzlich auch, allerdings nicht zwingend erforderlich, bis zu drei Gewichtsprozent Naphthalenpulver beizumengen, um im späteren Prozess zusätzlich für Porosität zu sorgen. Alle eingesetzten Komponenten sollten eine durchschnittliche Partikelgröße von 15 weniger als 10 mm vorzugsweise kleiner 8 mm, aufweisen.

Aufgrund des für die Herstellung der Briketts eingesetzten Wassers ist es zweckmäßig, dass die Briketts vor der Reduktion des Eisenoxids einem Trocknungsschritt unterworfen werden. Dabei können die Briketts für den Trocknungsschritt einer 20 Temperaturbehandlung im Bereich von 80 °C bis 250 °C, insbesondere 100 °C bis 200 °C, ausgesetzt werden. Der Trocknungsschritt kann für eine Zeitspanne von etwa 30 Minuten bis zu drei Stunden durchgeführt werden. Die genauen Parameter hängen unter anderem davon ab, wie hoch ein Wasseranteil ist und welche Größe die Briketts aufweisen. Nach dem Trocknungsschritt können die Briketts dann in einem gesonderten 25 Schritt soweit erwärmt werden, dass eine Reduktion des anwesenden Eisenoxids erfolgt.

Zur Reduktion des Eisenoxids werden die Briketts vorzugsweise in einem Ofen erwärmt. Insbesondere können die Briketts zur Reduktion des Eisenoxids in einem Drehrohrofen erwärmt werden. Für eine möglichst vollständige Reduktion des Eisenoxids ist es 30 bevorzugt, dass die Briketts auf eine Temperatur von mehr als 1000 °C erwärmt werden. In einem Drehrohrofen kann eine Reduktion in der Reduktionszone des Drehrohrofens erfolgen, wobei eine Temperatur etwa im Bereich von 1050 °C liegt.

Es kann unter Umständen erforderlich sein, insbesondere wenn mit einem Drehrohrofen gearbeitet wird, dass den Briketts zur Reduktion des Eisenoxids sowie zum Betrieb des Drehrohrofens zusätzlich Kohle beigemischt wird.

- 5 Die Briketts sollten mit einem Volumen von weniger als 50 cm<sup>3</sup>, vorzugsweise weniger als 30 cm<sup>3</sup>, insbesondere mit einem Volumen von 5 cm<sup>3</sup> bis 25 cm<sup>3</sup>, erstellt sein. Ein gewisses Mindestvolumen der Briketts ist erforderlich, damit sich diese von der Konsistenz her betrachtet gut verarbeiten und später handhaben lassen. Sind die Briketts allerdings zu groß, besteht die Gefahr, dass die Reduktion im Drehrohrofen oder einem  
10 anderen Ofen nicht mehr vollständig oder nur bei erhöhter Haltezeit vollständig abläuft. Optimal ist ein Volumenbereich von 5 cm<sup>3</sup> bis 25 cm<sup>3</sup> pro Brikett.

Das weitere Ziel wird erreicht, wenn bei einer Vorrichtung zum Recycling von Abfällen, die in einem Stahlwerk anfallen, eine Mischanlage zum Mischen der Abfälle, eine der  
15 Mischanlage nachgeordnete Brikettieranlage zur Erzeugung von Briketts aus den gemischten Abfällen und einen Drehrohrofen zur Reduktion von Eisenoxid in den Briketts vorgesehen sind. Eine derartige Vorrichtung eignet sich insbesondere zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, wie dieses vorstehend beschrieben ist.

- 20 Mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung können diverse Abfallstoffe, die in einem Stahlwerk aus bzw. bei verschiedenen Anlagen anfallen, gemeinsam zu Briketts mit einem Volumen von 5 cm<sup>3</sup> bis 25 cm<sup>3</sup> pro Brikett und einem Anteil an Eisenoxid von mehr als 35 Gewichtsprozent verarbeitet und anschließend zu Briketts mit Eisenschwamm aufbereitet werden. Entsprechend aufbereitete Briketts können insbesondere wieder in  
25 den Stahlwerksprozess rückgeführt werden, was einen Anteil von zu entsorgenden Abfallstoffen minimiert.

Die Vorrichtung ist mit Vorteil so ausgebildet, dass alle Merkmale des vorstehend erläuterten Verfahrens mit der Vorrichtung umsetzbar sind.

30

Es kann vorgesehen sein, wenn dies auch nicht zwingend ist, dass dem Drehrohrofen ein Kühler zum raschen Abkühlen der Briketts nachgeschaltet ist.

Entsprechend den vorstehend dargestellten Vorteilen, weist ein Stahlwerk eine erfindungsgemäße Vorrichtung auf.

Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung ergeben sich aus dem nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiel. In der Zeichnung, auf welche dabei Bezug genommen ist, zeigt:

Fig. 1 ein Stahlwerk.

In Fig. 1 ist ein Stahlwerk dargestellt. Das Stahlwerk umfasst verschiedene Anlagen, insbesondere einen Hochofen 1 mit einer angeschlossenen Gasreinigungsanlage 1', einen Koksofen 2, eine Lagerstelle 3, eine Sinteranlage 4, einen elektrostatischen Abscheider 5, eine LD-Anlage 6, eine Stranggussanlage 7 und eine Walzanlage 8. In allen diesen Anlagen können Abfallstoffe anfallen. Diese Abfallstoffe werden gemäß den dicken, hervorgehobenen Pfeilen einer Mischanlage 9 zugeführt. In der Mischanlage 9 werden die Abfallstoffe gemischt. Die Stöchiometrie wird dabei so gewählt, dass vorzugsweise ein Anteil an Eisenoxid, insbesondere  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , mehr als 50 Gewichtsprozent beträgt. Ein Anteil an Abfallstoffen, welche Kohlenstoff enthalten, wird auf größer 8 Gewichtsprozent eingestellt. Dieser Anteil wird so eingestellt, dass die Stöchiometrie in Bezug auf die spätere gewünschte Reduktion des Eisenoxids erreicht wird. Des Weiteren werden, wie ersichtlich, Bindemittel und Additive beigemischt. Beispielsweise kann Bitumen mit bis zu 4 Gewichtsprozent beigemischt werden. Des Weiteren wird ein Harz beigemischt, welches für eine geeignete Konsistenz der später noch zu verarbeitenden Masse sorgt. Hierfür kann auch Wasser in einem Anteil von bis zu 3 Gewichtsprozent zugegeben werden.

Die in der Mischanlage 9 hergestellte Masse wird anschließend einer Brikettieranlage 10 zugeführt. In der Brikettieranlage 10 werden aus der Masse einzelne Briketts gefertigt. Diese Briketts weisen üblicherweise ein Volumen von  $5 \text{ cm}^3$  bis  $25 \text{ cm}^3$  auf. Die so erstellten Briketts werden dann in einem anschließenden Trocknungsschritt bei einer Temperatur von etwa  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  für beispielsweise 90 Minuten getrocknet. Anschließend können die Briketts einem Drehrohrofen 11 zugeführt werden. Im Drehrohrofen 11 wird das Eisenoxid bei einer Temperatur von knapp über  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$  in einer Reduktionszone reduziert, sodass Eisenschwamm entsteht. Soweit erforderlich, kann hierfür der

Drehrohrofen 11 zusätzlich mit Kohle beschickt werden. Nach Durchlaufen des Drehrohrofens 11 können die Briketts aus diesem entnommen werden. Die Briketts enthalten nun an Stelle des Eisenoxids reduziertes Eisenoxid in Form von Eisenschwamm.

5

Anschließend können die so erstellten Briketts noch einem Kühler 12 zugeführt werden. Danach können die Briketts als Zuschlagstoff wieder in den Stahlprozess rückgeführt werden, indem diese im Hochofen 2 aufgegeben werden. Alternativ ist es aufgrund des hohen Eisenanteils aber auch möglich, die festen, gut handhabbaren Briketts einem  
10 anderen metallurgischen Prozess zuzuführen, beispielsweise einem Lichtbogenofen 13. Abwärme aus dem Drehrohrofen 11 kann zur Energieerzeugung in einem Kraftwerk 14 genutzt werden.

Die erfindungsgemäße Verfahrensweise bringt den Vorteil, dass Abfall weitgehend  
15 recycelt und wieder in den Produktionsprozess rückführbar ist. Als Nebeneffekt verbessert sich dadurch auch die CO<sub>2</sub>-Bilanz. Im Übrigen ist das Verfahren insofern auch flexibel, als die erstellten Briketts nicht unbedingt in den eigentlichen Stahlprozess zurückgeführt werden müssen, sondern auch in anderen Prozessen zum Einsatz kommen können.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Recycling von Abfällen, die in einem Stahlwerk anfallen, dadurch gekennzeichnet, dass aus mehreren Abfallstoffen Briketts erstellt werden, wobei ein Anteil  
5 an Eisenoxid in den Briketts zumindest 35 Gewichtsprozent beträgt, wonach die Briketts erwärmt und das Eisenoxid zumindest teilweise reduziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil an Eisenoxid in den Briketts zumindest 40 Gewichtsprozent, insbesondere zumindest 50  
10 Gewichtsprozent, beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Anteil an Kohlenstoff in den Briketts zumindest 4 Gewichtsprozent, vorzugsweise zumindest 6 Gewichtsprozent, insbesondere zumindest 8 Gewichtsprozent, beträgt.  
15
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass den Abfallstoffen bei der Herstellung der Briketts zumindest ein Bindemittel beigemischt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die  
20 Briketts vor der Reduktion des Eisenoxids einem Trocknungsschritt unterworfen werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Briketts für den Trocknungsschritt einer Temperaturbehandlung im Bereich von 80 °C bis 250 °C, insbesondere 100 °C bis 200 °C, ausgesetzt werden.  
25
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Trocknungsschritt für eine Zeitspanne von etwa 30 Minuten bis zu drei Stunden durchgeführt wird.
- 30 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Briketts zur Reduktion des Eisenoxids in einem Ofen erwärmt werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Briketts zur Reduktion des Eisenoxids in einem Drehrohrofen erwärmt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Briketts zur Reduktion des Eisenoxids auf eine Temperatur von mehr als 1000 °C erwärmt werden.

5 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass den Briketts zur Reduktion des Eisenoxids Kohle beigemischt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Briketts mit einem Volumen von weniger als 50 cm<sup>3</sup>, vorzugsweise weniger als 30 cm<sup>3</sup>,  
10 insbesondere mit einem Volumen von 5 cm<sup>3</sup> bis 25 cm<sup>3</sup>, erstellt werden.

13. Vorrichtung zum Recycling von Abfällen, die in einem Stahlwerk anfallen, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mischanlage (9) zum Mischen der Abfälle, eine der  
15 Mischanlage (9) nachgeordnete Brikettieranlage (10) zur Erzeugung von Briketts aus den gemischten Abfällen und einen Drehrohrofen (11) zur Reduktion von Eisenoxid in den Briketts vorgesehen sind.

14. Stahlwerk mit einer Vorrichtung nach Anspruch 13.

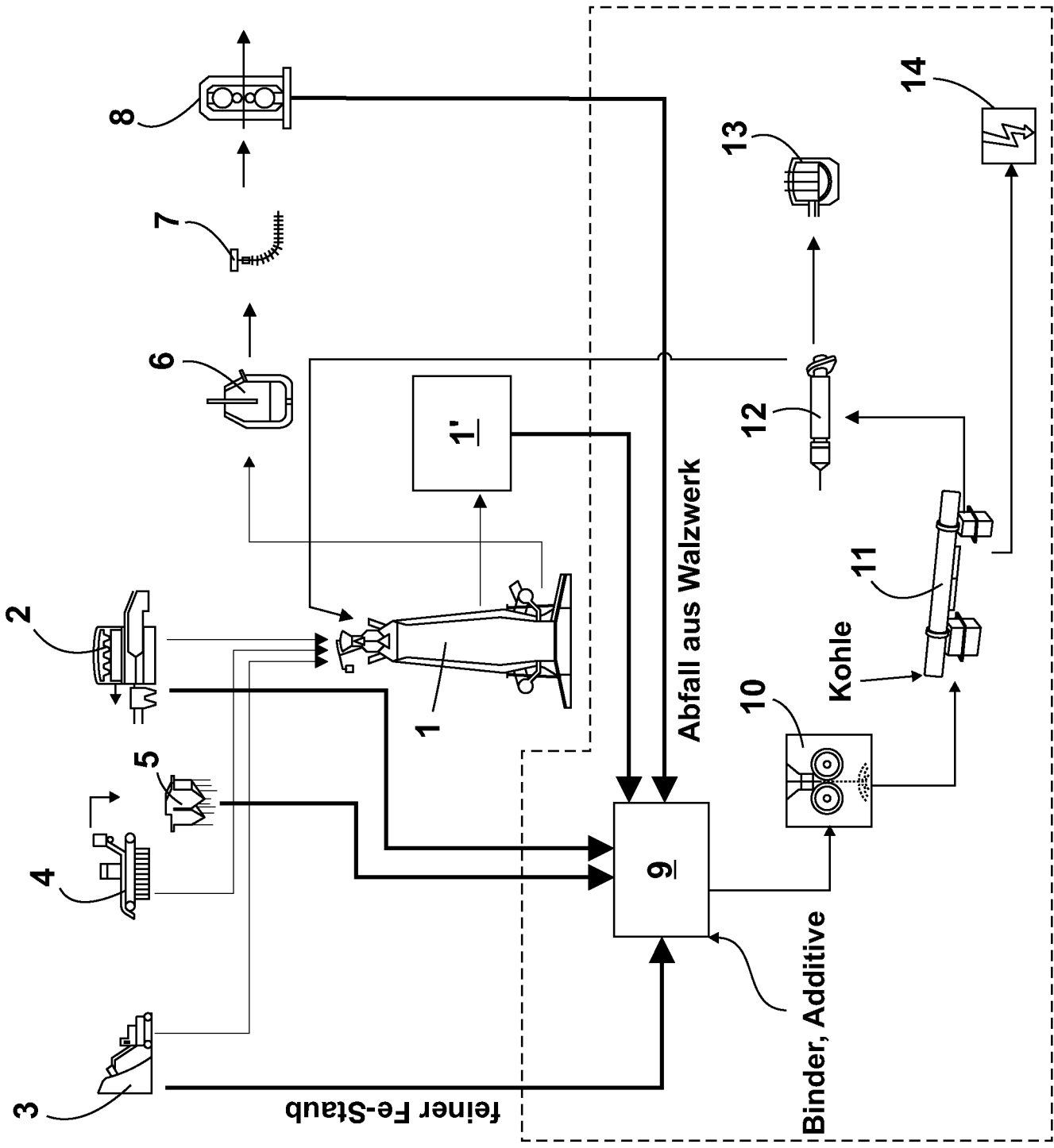


Fig. 1

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Recycling von Abfällen, die in einem Stahlwerk anfallen, dadurch gekennzeichnet, dass aus mehreren Abfallstoffen Briketts erstellt werden, wobei ein Anteil  
5 an Eisenoxid in den Briketts zumindest 35 Gewichtsprozent beträgt und den Abfallstoffen bei der Herstellung der Briketts zumindest ein Bindemittel wie ein Harz beigemischt wird, wonach die Briketts für einen Trocknungsschritt einer Temperaturbehandlung ausgesetzt werden, worauf die Briketts erwärmt werden und das Eisenoxid zumindest teilweise reduziert wird, wobei Eisenschwamm aufweisende Briketts erhalten werden.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil an Eisenoxid in den Briketts zumindest 40 Gewichtsprozent, insbesondere zumindest 50 Gewichtsprozent, beträgt.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Anteil an Kohlenstoff in den Briketts zumindest 4 Gewichtsprozent, vorzugsweise zumindest 6 Gewichtsprozent, insbesondere zumindest 8 Gewichtsprozent, beträgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die  
20 Briketts für den Trocknungsschritt einer Temperaturbehandlung im Bereich von 80 °C bis 250 °C, insbesondere 100 °C bis 200 °C, ausgesetzt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der  
25 Trocknungsschritt für eine Zeitspanne von etwa 30 Minuten bis zu drei Stunden durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Briketts zur Reduktion des Eisenoxids in einem Ofen erwärmt werden.
- 30 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Briketts zur Reduktion des Eisenoxids in einem Drehrohrofen erwärmt werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Briketts zur Reduktion des Eisenoxids auf eine Temperatur von mehr als 1000 °C erwärmt werden.
- 5 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass den Briketts zur Reduktion des Eisenoxids Kohle beigemischt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Briketts mit einem Volumen von weniger als 50 cm<sup>3</sup>, vorzugsweise weniger als 30 cm<sup>3</sup>,  
10 insbesondere mit einem Volumen von 5 cm<sup>3</sup> bis 25 cm<sup>3</sup>, erstellt werden.
11. Vorrichtung zum Recycling von Abfällen, die in einem Stahlwerk anfallen, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mischanlage (9) zum Mischen der Abfälle, eine der  
15 Mischanlage (9) nachgeordnete Brikettieranlage (10) zur Erzeugung von Briketts aus den gemischten Abfällen und ein Drehrohrföfen (11) zur Reduktion von Eisenoxid in den Briketts vorgesehen sind.
12. Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 11 in einem Stahlwerk.