



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2012 005 454.8  
(22) Anmelddatag: 20.03.2012  
(43) Offenlegungstag: 26.09.2013  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 18.06.2020

(51) Int Cl.: C22B 1/16 (2006.01)  
C21B 13/00 (2006.01)  
C21B 13/14 (2006.01)  
C22B 1/14 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Outotec Oyj, Espoo, FI**

(74) Vertreter:  
**Keil & Schaafhausen Patentanwälte PartGmbB,  
60323 Frankfurt, DE**

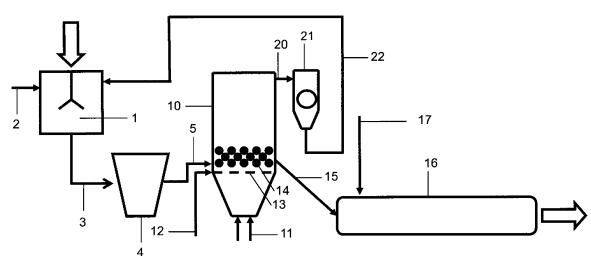
(72) Erfinder:  
**Beyzavi, Ali-Naghi, Dr., 60435 Frankfurt, DE;  
Formanek, Lothar, 60529 Frankfurt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	25 17 543	A1
DE	44 37 549	A1
DE	10 2007 030 394	A1
DE	12 62 311	A
US	6 024 790	A
EP	1 290 232	B1
EP	0 916 742	A1
WO	98/ 49 352	A1
JP	S63- 103 851	A

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von gehärteten Granalien aus eisenhaltigen Partikeln**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung von gehärteten Granalien aus eisenhaltigen Partikeln, wobei die eisenhaltigen Partikel mit wenigstens einem Binder und Wasser zu einem Mischgut vermischt werden, das Mischgut zu Granalien geformt wird und die Granalien zur Härtung in einen Wirbelschichtreaktor eingebracht werden, dadurch gekennzeichnet, dass Granalien noch feucht an der heißesten Stelle der Wirbelschicht in den Wirbelschichtreaktor eingebracht werden, dass die Temperatur in dem Wirbelschichtreaktor zwischen 850 und 1.050 °C liegt, dass die Härtung in dem Wirbelschichtreaktor in oxidierender Atmosphäre stattfindet und dass die gehärteten Granalien direkt einer nachgeschalteten Reduktionstufe zugeführt werden.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft die Herstellung von gehärteten Granalien aus eisenhaltigen Stäuben, wobei die eisenhaltigen Stäube mit wenigstens einem Binder und Wasser zu einem Mischgut vermischt werden, das Mischgut zu Granalien verformt wird, die Granalien zur Härtung in einen Wirbelschichtreaktor eingebracht und die gehärteten Granalien einer Reduktion unterworfen werden.

**[0002]** Bei einigen Reduktionsverfahren zur Gewinnung von metallisiertem Eisen wird das eisenhaltige Material in Form von feinkörnigen Partikeln eingebracht. Ein Beispiel für ein solches Verfahren ist das sog. SL/RN-Verfahren, eine Kombination aus dem Stelco-Lurgi Verfahren und dem Republic Steel-National Lead Verfahren (RN). Bei dem Stelco-Lurgi Verfahren handelt es sich um ein Direktreduktionsverfahren, welches ursprünglich auf die Herstellung von Eisenschwamm für Stahlöfen und die Verwendung eisenreicher Erze ausgerichtet war. Auch das Republic Steel National-Lead Verfahren ist ein Direktreduktionsverfahren, bei dem Eisenerze nach der Reduktion in ihre Komponenten metallisches Eisen und Gangart zerlegt werden. Unter Gangart versteht man in diesem Zusammenhang die nichteisenhaltigen Gesteine, die sich in Eisenerzen finden. Durch eine Verbindung der beiden Verfahren wurde 1964 das SL/RN-Verfahren entwickelt, bei dem Eisenoxide im Drehrohrofen mit festen Reduktionsstoffen reduziert werden. In den Ofen werden Erze oder sog. Grünpellets zusammen mit Kohle, besonders Braunkohle, im Überschuss als Reduktionsmittel und Dolomit zur Entschwefelung eingebracht. Der Ofenaustrag wird in einem Rohrkühler indirekt gekühlt und danach durch Sieben, Magnetscheidung und Berge-Kohletrennung in Eisenschwamm, Überschuss, Kohle und Asche getrennt.

**[0003]** Beim SL/RN-Verfahren werden üblicherweise Stücke mit einer Korngröße 5-18 mm oder Pellets mit 9-16 mm eingesetzt. Ebenfalls Verwendung finden Eisensande oder Ilmenite einer Korngröße vorzugsweise größer 106 µm. Partikel mit einem Durchmesser < 63 µm sind für den Einsatz in einem SL/RN-Verfahren nicht geeignet, da sie zum Kleben und somit zur Ansatzbildung im Drehrohrofen führen, was zu Betriebsunterbrechungen führen kann.

**[0004]** Um dennoch kleinere Partikel diesem Verfahren zugänglich zu machen, gibt es eine Reihe von Verfahren zur Bildung von Granalien mit dem gewünschten Durchmesser. Hierbei ist es möglich, durch die Verarbeitung und Zusatzstoffe, wie etwa Bindern, die Granalien so auszugestalten, dass die Staubentwicklung während ihrer Herstellung gering (< 10 Gew.-%) bleibt.

**[0005]** Aus der WO 98/ 49 352 A1 ist die Granulierung von feinkörnigen Eisenerzfractionen bekannt, bei der als Bindermaterial bspw. Bentonit verwendet wird. Bentonit ist ein Gestein ist, das eine Mischung aus verschiedenen Tonmineralien enthält, wobei der wichtigste Bestandteil (60 bis 80 Gew.-%) Montmorillonit ist.

**[0006]** Die US 6 024 790 A beschreibt, dass es sinnvoll sein kann, dieses Bindermaterial Bentonit für seine Verwendungszwecke durch Ionenaustausch mit den eingelagerten Kationen zu aktivieren. Ein aktiverter Bentonit hat in der Regel ein besseres Quellvermögen sowie eine höhere thermische Beständigkeit. Der in der US 6,024,790 beschriebene Aktivierungsvorgang ist über einen Zeitraum von mehreren Stunden bis zu einigen Tagen auszuführen, um einen ausreichenden Ionenaustausch sicherzustellen.

**[0007]** Aus der JP S63- 103 851 A ist bekannt, dem Bentonit geringe Mengen an Natriumhydroxid zuzugeben und so das Tonmaterial zu aktivieren.

**[0008]** Die DE 25 17 543 A1 offenbart ein Verfahren zur Agglomeration von Hüttenstäuben, bei dem der Hüttenstaub mit 2 bis 20 Gew.-% Bindemittel und etwa 0,5 bis 5 Gew.-% siliziumhaltigem Material vermischt wird, diese Mischung zu Pellets oder Granalien geformt und anschließend gehärtet wird. Es ist auch bekannt, dem Bindemittel weitere Zusätze wie etwa Natriumhydroxid, Natriumcarbonat und Natriumbicarbonat in Mengen von etwa 3 Gew.-% beizufügen.

**[0009]** Aus der EP 1 290 232 B1 ist ein Verfahren zur Herstellung von metallisierten Eisenagglomeraten aus feinen eisenhaltigen Partikeln mittels eines Binders bekannt, wobei als Binder Zellulosefasern verwendet werden. Die Zellulosefasern wirken bei der Formung der Partikel als Binder, sind jedoch aufgrund ihres hohen Kohlenstoffgehaltes gleichzeitig auch als Reduktionsmittel im nachgeschalteten Reduktionsverfahren zu verwenden.

**[0010]** Auch die EP 0 916 742 A1 offenbart ein Verfahren, in dem bereits in die eisenhaltigen Granalien das Reduktionsmittel eingearbeitet wird. Dazu wird das eisenoxidhaltige Rohmaterial mit einem kohlenstoffhaltigen Material, einem organischen Binder und einem anorganischen Koagulierungsmittel vermischt und anschließend mit Wasser versetzt. Die so erhaltenen Pellets werden mit einem Dispersionsmittel versehen getrocknet und anschließend reduziert. Als Dispersionsmittel kann dabei unter anderem auch Natronlauge verwendet werden.

**[0011]** Die DE 12 62 311 A betrifft ein Verfahren und die zugehörige Vorrichtung zum Reduzieren von Eisenoxiden, wobei das verwendete Eisenkonzentrat pelletiert wird und anschließend die Pellets in einem

Drehrohrofen gegeben werden. Dieser Drehrohrofen wird auf Temperatur von bis zu 1100°C geheizt, so dass dort die Pellets über eine mittlere Verweilzeit zwischen 4 bis 5 Stunden reduziert werden. Entscheidend ist, dass die Pellets direkt in eine Aufheizzone des Drehrohrkopfes eingebracht werden.

**[0012]** Die DE 10 2007 030 394 A1 beschreibt ein Verfahren zur Wärmebehandlung von sulfidischen Erzen, insbesondere Molybdän. Dabei wird ein angereichertes Konzentrat der sulfidischen Erze in einen ersten Wirbelschichtreaktor gegeben, wo es unter substöchiometrischen Bedingungen geröstet, also der Schwefel entfernt wird. Die derart behandelten Feststoffe werden anschließend in einer Trennstufe von dem Fluidisierungsgas getrennt und wenigstens ein Teil dieser Feststoffe zu einer Nachröstung in einen zweiten Reaktor eingebracht, aus dem Metallocide als Produkt abgeführt werden.

**[0013]** Bei dem aus der DE 44 37 549 A1 bekannten Verfahren erfolgt nach einer Trocknung des Eisenerzes eine thermische Härtung bei Temperaturen von 700 bis 1100 °C und anschließende Reduktion zu metallischem Eisen. Die Korngröße der Granalien wird mit > 100 bis 5000 µm angegeben.

**[0014]** Durch die Verarbeitung in einem Drehrohrofen, zusammen mit dem festen Reduktionsmittel und vergleichsweise langen Verweilzeiten kommt es jedoch in der Weiterverarbeitung, insbesondere im SL/RN-Verfahren, bei all diesen Verfahren bei Verwendung von Grünpellets zu einer erhöhten Bildung von feinem Abrieb. Ein hoher Abrieb erfordert einen hohen Aufarbeitungsaufwand, um diese Stäube so zurückgewinnen zu können, dass aus ihnen werthaltiges Produkt erzeugt werden kann. Andernfalls geht das in den Stäuben enthaltene Material verloren.

**[0015]** Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, um Granalien zur weiteren Verarbeitung zu erzeugen, die eine solche Härte aufweisen, dass es auch in nachgeschalteten Verarbeitungsschritten nicht zu einem deutlichen Abrieb kommt.

**[0016]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0017]** Das feinstkörnige Fe-Konzentrat wird mit einem Mischaggregat zugeführt und dort mit wenigstens einem Binder und Wasser vermischt. Außerdem können in diesem Mischaggregat auch noch weitere Zuschlagstoffe zugegeben werden. Da so entstehende Mischgut wird dann in einem Mikrogranulator zu Granalien geformt. Anschließend werden die Granalien in eine vorzugsweise zirkulierende Wirbelschicht eingebracht, wobei die Einbringung an der heißesten Stelle der Wirbelschicht erfolgt. Diese plötzliche Temperaturänderung führt zu einem raschen Sintern der

kleinen Granalien und damit zu einer ausweichenden Festigkeit des Korns für die darauffolgende Reduktion in einem Drehrohrofen. In einer zirkulierenden Wirbelschicht ist der Wärmeaustausch aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeiten besonders gut, so dass der Sinterprozess weiter beschleunigt wird.

**[0018]** Dieses Verfahren widerspricht der üblichen Vorgehensweise, wonach die Einbringung des zu verarbeitenden Materials in die Wirbelschicht in einem Bereich erfolgt, in dem das Material keinen hohen Temperaturgradienten ausgesetzt ist, da insbesondere bei größeren Partikeln eine hohe Temperaturdifferenz zu Spannungen im Material und daraus folgend zu Rissen und Verformungen führen kann. Zudem sind durch die Einbringung an der heißesten Stelle höhere Anforderungen an das Material der Zuführleitung zu stellen. Auch eine Dosierung wird dadurch aufwendiger.

**[0019]** Die heißeste Stelle der Wirbelschicht befindet sich dort, wo die Verbrennung stattfindet bzw. wo die heißen Gase eintreten.

**[0020]** Es hat sich als weiterhin günstig herausgestellt, dass die eisenhaltigen Partikel einen Eisengehalt von wenigstens 30 Gew.-%, bevorzugt wenigstens 50 bis 80 Gew.-% aufweisen, damit der Aufarbeitungsaufwand wirtschaftlich bleibt

**[0021]** Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass das Fe-Konzentrat eine Körnung von max. 5 Gew.-% größer als 100 µm und ca. 55 bis 60 Gew.-% kleiner 32 µm hat, da bei im Mittel größeren Durchmessern eine Direkt-Verarbeitung wirtschaftlich sinnvoller sein kann.

**[0022]** Das feinstkörnige Konzentrat kann als Filterkuchen oder als trockenes pulveriges Schüttgut vorliegen. Die spezifische Oberfläche der Partikel liegt zwischen 1.600 und 4.000 cm<sup>2</sup>/g, abhängig von der Mineralogie bzw. der Mineralzusammensetzung des verwendeten Eisenkonzentrats. Eine Vorverarbeitung, bspw. in Form von Mahlen, kann für eine homogener Korngröße sinnvoll sein.

**[0023]** Als Bindemittel eignet sich am besten ein anorganisches Bindemittel, wie z.B. Bentonit, da hierdurch unerwünschte Nebenreaktionen bei der sprunghaften Temperaturerhöhung während der Härtung ausgeschlossen werden können. Die Zugabemenge dieses Bindemittels sollte erfindungsgemäß zwischen 0,25 und 1,5 Gew.-% liegen, wobei sie grundsätzlich von der Mineralzusammensetzung und der spezifischen Oberfläche des Eisenkonzentrates abhängig ist.

**[0024]** Das in dem Mikrogranulator zu Granalien geformte Mischgut sollte günstigerweise eine Korngröße zwischen 0,1 und 6 mm aufweisen, da mit die-

ser Partikelgröße sichergestellt ist, dass während der Einbringung in die heißeste Stufe des Reaktors praktisch das ganze Korn homogen aufgeheizt wird und es nicht innerhalb der einzelnen Partikel zu signifikanten Temperaturgradienten kommt.

**[0025]** Weiterhin hat sich ein Wassergehalt von 8 bis 14 Gew.-% als besonders günstig herausgestellt, wobei dieser grundsätzlich von der jeweiligen Mineralzusammensetzung abhängig ist.

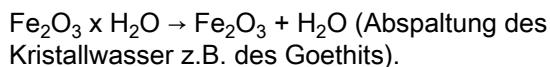
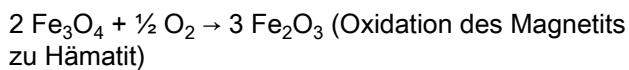
**[0026]** Die optimale Härtungstemperatur liegt zwischen 850 und 1.050 °C und weist innerhalb dieses Bereichs ebenfalls eine Abhängigkeit von der Mineralzusammensetzung auf. Versuche haben gezeigt, dass im erfindungsgemäßen Verfahren während der thermischen Härtung max. ca. 5 Gew.-% der Granalien als Abrieb anfallen, wobei als Abrieb hier der Kornanteil < 100 µm definiert wurde.

**[0027]** Als Brennstoff für den Härtungsprozess kann Erdgas oder leichtes Heizöl direkt in dem Wirbelschichtreaktor bzw. in einem Heißgasgenerator verbrannt werden. Wird ein Heißgasgenerator verwendet, wird dem Wirbelschichtreaktor das Heißgas zugeführt.

**[0028]** Alternativ kann Kohle als Brennstoff verwendet werden, wobei die Kohle in einem separaten Reaktor bei Temperaturen zwischen 650 und 950 °C geschwelt wird, die Schwellgase als Brennstoff in den Härtungsreaktor gebracht werden und der Schwelkoks heiß in nachgeschaltete Verfahrensstufen, vorzugsweise eine in einem Drehrohr stattfindenden Reduktion, als Reduktionsmittel eingetragen wird.

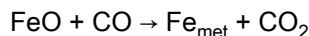
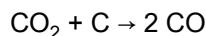
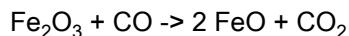
**[0029]** Es hat sich zudem als günstig herausgestellt, die Härtung in einer oxidierenden Atmosphäre, bevorzugt mit einem Sauerstoffgehalt in der zirkulierenden Wirbelschicht zwischen 2 und 10 Gew.-%, stattfinden zu lassen. Dadurch wird Eisen der Oxidationsstufe 2 auf Eisen der Oxidationsstufe 3 aufoxidiert und zusätzliche Wärmeenergie freigesetzt wird. Dadurch kann der Wärmeeintrag in dem Reaktor reduziert werden.

**[0030]** Während der Härtung in sauerstoffhaltiger Atmosphäre laufen folgende Reaktionen ab:



Ist in der Atmosphäre kein Sauerstoff enthalten, findet nur die zweite Reaktion, die Abspaltung des Kristallwassers, statt.

**[0031]** Die gehärteten Mikrogranalien werden anschließend mit Kohle in einen Drehrohrofen reduzierend behandelt, wobei der Sauerstoff des Eisenoxids abgebaut wird und das Eisen in die metallische Phase übergeht. Das Verhältnis zwischen Kohlenstoff und Eisen ( $\text{C}_{\text{fix}} : \text{Fe}$ ) beträgt 0,3 - 0,7 : 1. Während der Reduktion finden folgende Reaktionen statt:



**[0032]** In der technischen Realisierung erscheint es besonders sinnvoll, die gehärteten Granalien aus dem Wirbelschichtreaktor ohne Kühlung heiß in den Drehrohren einzubringen. Dadurch wird zum einen Energie gespart und zum anderen kann das Ofenvolumen verkleinert . und somit dessen Investitionskosten reduziert werden. Bei Heißaufgabe der Granalien entfällt die sonst zur erforderlichen Aufwärmung der Granalien im Drehrohren benötigte Ofenlänge. Der Drehrohrofen kann kürzer ausgeführt werden bzw. die Durchsatzleistung kann bei einem vorhandenen Drehrohrofen erhöht werden. Bei bestehenden Drehrohranlagen kann durch die heiße Einbringung die Durchsatzleistung erhöht werden. Die heißen Abgase des Wirbelschichtreaktors können zur Vorwärmung der notwendigen Prozessluft bzw. zur Dampferzeugung genutzt werden.

**[0033]** Um die in der Wirbelschicht und der Reduktion trotz der verbesserten Härtung entstehenden Stäube einer wirtschaftlichen Verwendung zuführen zu können, hat es sich als günstig herausgestellt, aus der Wirbelschicht und/oder der Reduktionsstufe diese Stäube über einen Staubabscheidesystem abzutrennen und entweder in die Vermischung oder aber in die Granulation zurückzuführen.

**[0034]** Insbesondere bei kleineren Maßstäben, wie z.B. bei Labor- und Pilotversuchen, ist es aus Sicherheitsgründen sinnvoll, den Ofenaustrag auf eine Temperatur unterhalb 30 °C zu kühlen, wobei diese Kühlung bevorzugt unter Inertatmosphäre, wie etwa einer Stickstoffatmosphäre, erfolgen sollte. Das gekühlte Material, das eine Mischung aus Eisenschwamm, Char und Asche ist, wird in einen Magnetscheider aufgegeben, um den Eisenschwamm von Char und Asche zu trennen.

**[0035]** Die Erfindung umfasst weiterhin eine Anlage mit den Merkmalen des Anspruchs 7, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist.

**[0036]** Eine solche Anlage weist eine Vorrichtung zur Durchmischung von eisenhaltigen Partikeln mit wenigstens einem Binder und Wasser zu einem Misch-

gut auf. Dieser Vorrichtung schließt sich eine Vorrichtung zur Granulierung des Mischguts zu Granalien an. Darauf folgt ein Reaktor mit einer zirkulierenden Wirbelschicht zur Härtung der Granalien. Der Wirbelschichtreaktor ist so ausgestaltet, dass die Zuführleitung der Granalien in den unteren Bereich des Wirbelschichtreaktors und damit die heißeste Stelle der Wirbelschicht mündet. Dazu müssen insbesondere das Material dieser Zuführleitung sowie eine dort vorgesehene Dosiereinrichtung so ausgestaltet sein, dass sie diesen Temperaturen dauerhaft standhält.

**[0037]** In einer Weiterbildung des Erfindungsgedanken wird die Wirbelschicht mit heißem Gas gespeist und die Zuführleitung der Granalien mündet im Bereich dieser Eintrittsleitung, da an dieser Stelle die heißen Gase noch keine Wärmeenergie an das Wirbelbett verloren haben.

**[0038]** Günstig ist es zudem, wenn wenigstens eine Rückführleitung von dem Wirbelschichtreaktor und/oder einer nachgeschalteten Reduktionsvorrichtung in die Vorrichtung zur Durchmischung und/oder die Vorrichtung zur Mikrogranulierung vorgesehen ist.

**[0039]** Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens liegen zum einen darin, dass bisher nur Pellets verwendet werden konnten, die aus Magnetit- und Hämatit-Konzentraten bestanden und zudem relativ große Durchmesser (zwischen 9 und 16 mm) aufweisen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können auch andere feinkörnige Konzentrate verwendet und andere Körnungen eingesetzt werden, ohne dass sich unbeherrschbarer Staubkreislauf einstellt.

**[0040]** Zudem weisen die erfindungsgemäß gehärteten Mikrogranalien im Vergleich zu Stückerzen eine größere Porosität auf und lassen sich hierdurch schneller und besser reduzieren als Stückerze und die klassisch gebrannten Pellets, die bei über 1.300 °C gehärtet worden sind.

**[0041]** Zudem kann durch die Kombination des erfindungsgemäßen Härtungsreaktors und eines SL/RN-Ofen der heiße Austrag aus dem Härtungsofen direkt heiß in den Drehrohrofen chargiert werden. Dadurch wird Wärmeenergie eingespart und die spezifische Durchsatzleistung des Drehrohrofens erhöht.

**[0042]** Schließlich erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren auch, dass alle anfallenden Stäube, nass oder trocken, in den Mikrogranulierungsprozess zurückgeführt werden, wodurch ein vollständig geschlossener Materialkreislauf gewährleistet ist.

**[0043]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung und eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung,

unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbezug.

**[0044]** Die einzige Figur zeigt das Fließbild einer Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0045]** Das feinkörnige Eisenerz wird in eine Mischvorrichtung **1** eingeleitet. In diese Mischvorrichtung **1** mündet außerdem wenigstens eine Zuführleitung **2**, über die ein wenigstens aus Binder und Wasser bestehendes Gemisch eingebracht wird. Selbstverständlich ist es auch möglich, getrennte Zuführleitungen für jeden einzelnen Zusatzstoff vorzusehen.

**[0046]** Über Leitung **3** wird das so erzeugte Mischgut aus der Mischvorrichtung **1** in die Granulievorrichtung **4** eingetragen. Dort werden aus dem Mischgut Granalien mit einem mittleren Korndurchmesser von 0,1 bis 6 mm gebildet (Mikrogranulierung), die über Leitung **5** in den Wirbelschichtreaktor **10** eingebracht werden. In den vorzugsweise als zirkulierende Wirbelschicht ausgestalteten Wirbelschichtreaktor **10** wird über die Leitung **11** Fluidisiergas eingedüst, so dass sich über einem Rost **13** eine zirkulierende Wirbelschicht **14** ausbildet. Über Leitung **12** tritt kurz oberhalb des Rostes **13** heißes Gas ein, durch das die Wirbelschicht **14** beheizt wird. Anstelle der Zuführung der heißen Gase kann bei einem Reaktor mit Innenverbrennung über Leitung **12** oder eine zusätzliche, nicht dargestellte Leitung auch Brennstoff in den Wirbelschichtreaktor **10** eingebracht werden. Die Zuführleitung **5** der Granalien endet in direkter Nähe der Zuführleitung **12**.

**[0047]** Die gehärteten, eisenoxidhaltigen Granalien werden über eine Leitung **15** einer Reduktionsstufe, insbesondere einem Drehrohrofen **16** zugeführt, in dem sie bspw. mittels eines SL-RN-Verfahrens reduziert werden. Über Leitung **17** wird dazu bspw. Kohle als Reduktionsmittel in den Drehrohrofen **16** eingebracht.

**[0048]** Der in dem Wirbelschichtreaktor **10** entstehende Staub wird über eine Leitung **20** in einen Zyklon **21** geführt, in dem er aus dem Gasstrom abgetrennt wird. Der Feststoffanteil wird über Leitung **22** in die Mischvorrichtung **1** und/oder in die Granulierungsvorrichtung **4** zurückgeführt, um erneut zu Granalien aufgearbeitet zu werden.

**[0049]** Das aus dem Wirbelschichtreaktor **10** abgezogene Gas wird über Leitung **30** einer Abgasnachbehandlung **31** zugeführt. Gereinigt kann das Gas dann über Leitung **32** in die Atmosphäre abgelassen und/oder als Prozessgas verwendet werden.

#### Beispiel

**[0050]** Granulierung:

Ein auf Pelletierfeinheit (< 100 µm) gemahlenes und aufbereitetes Magnetit-Konzentrat mit 69 Gew.-% Eisen wird mit 0,5 Gew.-% Bentonit und der erforderlichen Menge Wasser, die durch den gewünschten Feuchtegehalt der Granalien bestimmt wird, gemischt und anschließend granuliert. Der Feuchtegehalt der so erhaltenen Granalien soll etwa 10 Gew.-% betragen; die Korngröße der Granalien beträgt 0,1 bis 3 mm.

#### [0051] Härtung:

Die so entstandenen Granalien werden anschließend in einem Wirbelschichtreaktor in kontinuierlicher Betriebsweise bei ca. 980 °C gehärtet und anschließend auf ca. 30 °C gekühlt. Die Durchsatzleistung der verwendeten Anlage beträgt etwa 14 kg/h. Während der Härtung, die in einer sauerstoffhaltigen Gasatmosphäre stattfindet, wird Magnetit zu Hämatit aufoxidiert, womit zusätzlich Wärmeenergie freigesetzt wird.

#### [0052] Reduktion der gehärteten Mikrogranalien in einem Kurztrommelofen:

60 kg gehärtete Mikrogranalien und 40 kg Kohle werden gemischt und in den Ofen chargiert. Das  $C_{fix} : Fe_{tot}$ -Verhältnis beträgt 0,60. Die Charge wurde bei 1.020 bis 1.050°C ca. 4 Stunden behandelt. Nach der Kühlung unter Stickstoffatmosphäre wird eine Durchschnittsprobe entnommen und einem Schwachfeldmagnetscheider aufgeben, um die Restkohle und Asche zu trennen. Das magnetische Produkt, Eisen schwamm, weist folgende Analyse auf:

$Fe_{Gesamt}$ :	80,0 Gew.-%
$Fe^{2+}$ :	2,6 Gew.-%
$Fe_{Met}$ :	76,8 Gew.-%
Metallisierungsgrad:	96 Gew.-%

Der Anteil von Partikeln mit einem Durchmesser < 0,1 mm lag im magnetischen Produkt bei 4,5 Gew.-%.

#### Bezugszeichenliste

1	Mischvorrichtung
2, 3	Leitung
4	Granulierzvorrichtung
5	Leitung
10	Wirbelschichtreaktor
11, 12	Leitung
13	Rost
14	Wirbelschicht
15	Leitung

16	Reduktionsstufe (Drehrohröfen)
17	Leitung
20	Leitung
21	Zyklon
22	Leitung
30	Leitung
31	Abgasbehandlung
32	Leitung

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von gehärteten Granalien aus eisenhaltigen Partikeln, wobei die eisenhaltigen Partikel mit wenigstens einem Binder und Wasser zu einem Mischgut vermischt werden, das Mischgut zu Granalien geformt wird und die Granalien zur Härtung in einen Wirbelschichtreaktor eingebracht werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass Granalien noch feucht an der heißesten Stelle der Wirbelschicht in den Wirbelschichtreaktor eingebracht werden, dass die Temperatur in dem Wirbelschichtreaktor zwischen 850 und 1.050 °C liegt, dass die Härtung in dem Wirbelschichtreaktor in oxidierender Atmosphäre stattfindet und dass die gehärteten Granalien direkt einer nachgeschalteten Reduktionstufe zugeführt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die feuchten Granalien in den unteren Bereich des Wirbelschichtreaktors eingebracht werden, in welchen auch heiße Gase einbracht werden oder in dem die Verbrennung eines Brennstoffs erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die eisenhaltigen Partikel einen Eisengehalt von wenigstens 30 Gew.-% und/oder eine Körnung von maximal 5 Gew.-% größer als 0,1 mm aufweisen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Binder ein anorganisches Bindemittel ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Granalien eine Korngröße zwischen 0,1 und 6 mm und/oder einen Wassergehalt von 8 bis 14 Gew.-% aufweisen.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eisenhaltige Stäube, die in dem Wirbelschichtreaktor und/oder einem dem Wirbelschichtreaktor nachgeschalteten Reduktionsstufe entstehen, zur Vermischung und/oder zur Granulierung zurückgeführt werden.

7. Anlage zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Vorrichtung (1) zur Durchmischung von eisenhaltigen Partikeln mit mindestens einem Binder und Wasser zu einem Mischgut, einer Vorrichtung (4) zur Granulierung des Mischgutes zu Granalien und einem Wirbelschichtreaktor (10) zur Härtung der Granalien bei einer Temperatur in dem Wirbelschichtreaktor (10) zwischen 850 und 1.050 °C in oxidierender Atmosphäre, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Granulierzvorrichtung (4) über eine Zuführleitung (5) direkt mit dem Wirbelschichtreaktor (10) verbunden ist und dass die Zuführleitung (5) der Granalien in den unteren Bereich des Wirbelschichtreaktors (10) mündet und dass eine Reduktionsstufe (16) direkt nachgeschaltet ist-

8. Anlage nach Anspruch 7 mit einer Zuführleitung (11) für heiße Gase oder Brennstoff, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuführleitung (5) der Granalien im Bereich des Eintritts der Zuführleitung (11) der heißen Gase oder des Brennstoffs in den Wirbelschichtreaktor (10) mündet.

9. Anlage nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Rückführleitung (20, 22) von dem Wirbelschichtreaktor (10) und/oder der nachgeschalteten Reduktionsstufe (16) in die Vorrichtung (1) zur Durchmischung und/oder die Vorrichtung (4) zur Granulierung führt.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

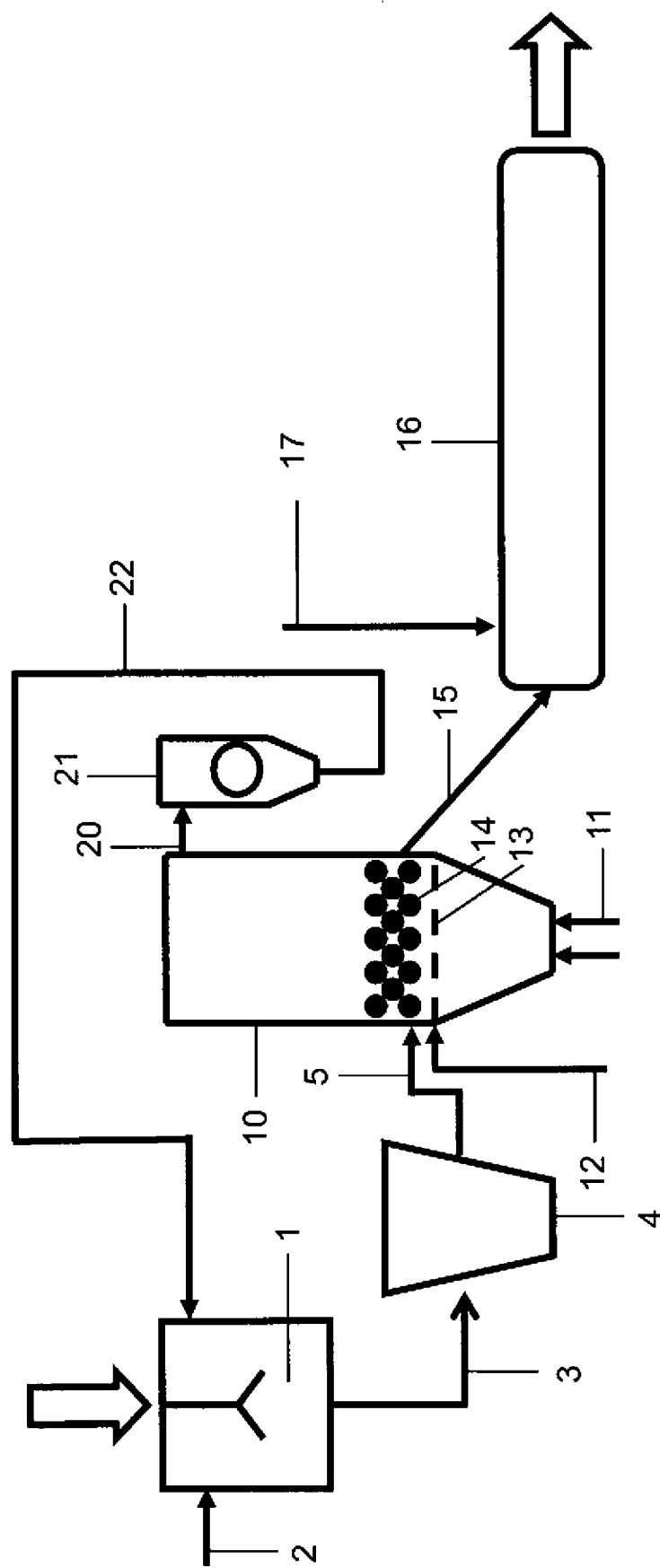


Fig. 1