



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2004 036 767 B4 2005.11.24**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 036 767.1**  
 (22) Anmeldetag: **26.07.2004**  
 (43) Offenlegungstag: **03.03.2005**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **24.11.2005**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **C21B 5/06**  
**C21C 5/06, C21B 7/16**

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität:

**103 35 160.4 30.07.2003**

(73) Patentinhaber:

**Scheidig, Klaus, Dr.-Ing., 07338 Kaulsdorf, DE;**  
**Schingnitz, Manfred, Dr.-Ing., 09599 Freiberg, DE;**  
**EKO Stahl GmbH, 15890 Eisenhüttenstadt, DE;**  
**ThyssenKrupp Stahl AG, 47166 Duisburg, DE**

(72) Erfinder:

**Scheidig, Klaus, Dr., 07338 Kaulsdorf, DE;**  
**Schingnitz, Manfred, Dr., 09599 Freiberg, DE;**  
**Buchwalder, Joachim, 15890 Eisenhüttenstadt,**  
**DE; Schmöle, Peter, Dr., 44141 Dortmund, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

**DE 37 02 875 C1**  
**DE 22 61 766 A**  
**DE 19 39 354 A**  
**WO 2004/0 52 510 A2**  
**MINSHENG QIN, ZHENKAI GAO et al. Blastfurnace**  
**operation with full oxygen blast, In: Ironmaking**  
**and Steelmaking, 1988, Vol. 15, No. 6 p. 287-291;**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Roheisenerzeugung in einem mit Sauerstoff und rückgeführtem, vom CO<sub>2</sub> befreiten Gichtgas unter Zusatz von Kohlenwasserstoffen betriebenen Hochofen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Roheisenerzeugung in einem Hochofen, bei dem ein Reduktionsgas als Ersatzreduktionsmittel eingesetzt wird, das aus rückgeführtem, vom CO<sub>2</sub> befreitem Gichtgas unter Zusatz von hochreaktiven Kohlenwasserstoffen und Sauerstoff erzeugt wird und (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)-Gehalte aufweist, die auf < 15 Vol.-%, vorzugsweise < 10 Vol.-% begrenzt, sind. Das Reduktionsgas wird in die Hochtemperaturzone im Gestell und/oder in die Rast bzw. in den unteren Schacht zugeführt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Roheisenerzeugung im Hochofen bei gleichzeitiger Rückführung von vollständig oder teilweise aus Gichtgas hergestelltem CO- und H<sub>2</sub>-reichem Reduktionsgas in den Hochofen zu realisieren, bei dem das Reduktionsgas auf die notwendigen Temperaturen von bis zu 1400°C, vorzugsweise 800 bis 1000°C, aufgeheizt wird, wobei der (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)-Gehalt des Reduktionsgases auf < 15 Vol.-%, vorzugsweise auf < 10 Vol.-%, begrenzt wird. Die Begrenzung des (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)-Gehaltes ist notwendig, um die erforderliche Reduktionsarbeit im Hochofen bei gleichzeitiger Senkung des Koksverbrauches leisten zu können.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das den Hochofen verlassende Gichtgas einer CO<sub>2</sub>-Entfernung nach einem den Stand der Technik repräsentierenden adsorptiven oder absorptiven Verfahren unterzogen wird und dieses CO<sub>2</sub>-arme Gichtgas gemeinsam mit Sauerstoff

und einem hochreaktiven Kohlenwasserstoff der ...

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Roheisenerzeugung in einem Hochofen, bei dem ein Reduktionsgas als Ersatzreduktionsmittel eingesetzt wird, das aus rückgeführtem, vom  $\text{CO}_2$  befreiten Gichtgas unter Zusatz von hochreaktiven Kohlenwasserstoffen und Sauerstoff erzeugt wird und ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ )-Gehalte aufweist, die auf  $< 15$  Vol-%, vorzugsweise  $< 10$  Vol-% begrenzt sind. Das Reduktionsgas wird in die Hochtemperaturzone im Gestell und/oder in die Rast bzw. in den unteren Schacht zugeführt.

## Stand der Technik

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind Verfahren zur Roheisenerzeugung in einem mit Sauerstoff und rückgeführtem Gichtgas betriebenen Hochofen bekannt. Hierzu sind Blasformen im Gestell des Hochofens sowie zusätzliche Blasformen in der Rast und/oder im unteren Schacht angeordnet. So wird in DE 37 02 875 C1 ein Verfahren beschrieben, bei dem aus Gichtgas gewonnenes Reduktionsgas zusammen mit technischem Sauerstoff und Staubkohle durch Blasformen in das Gestell und in die Rast des Hochofens eingeführt werden. Zur Temperaturregelung wird den Blasformen im Gestell zusätzlich  $\text{CO}_2$  bzw. Wasserdampf zugeführt, was sich nachteilig auf den Wärmehaushalt und damit auf den Koksverbrauch auswirkt.

**[0003]** Nachteilig sind aus dem gleichen Grund auch die  $\text{CO}_2$  – bzw. Wasserdampfgehalte des in den Rastformen hergestellten Reduktionsgases, dessen Temperatur und Menge mit den Verhältnissen von dem aus Gichtgas gewonnenen Reduktionsgas zu Sauerstoff und zu Staubkohle eingestellt werden. Zur Erreichung der entsprechenden Temperaturen wird nicht nur ein Teil der zugeführten Staubkohle, sondern auch ein Teil des im Reduktionsgas vorhandenen  $\text{CO} + \text{H}_2$  mit dem zugeführten Sauerstoff zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  verbrannt, wodurch das Reduktionspotential erheblich geschmälert wird.

**[0004]** Die in der DE 2 261 766 A vorgeschlagene Zuführung von Heizöl bzw. Staubkohle besitzt ebenso wie die Verwendung feinkörniger fester Kohlenwasserstoffe, wie z.B. Kunststoffe, den Nachteil eines erhöhten Wasserdampfbedarfes für die Vergasung. Der dabei nicht umgesetzte Anteil dieses Wasserdampfbedarfes schmälert das Reduktionspotential. Wird andererseits auf den Zusatz von Wasserdampf verzichtet, kommt es zu erheblicher Russbildung. Weiterhin reagiert der eingesetzte Sauerstoff infolge der geringeren Reaktionsfähigkeit der genannten Stoffe verstärkt mit den  $\text{CO}$ - und  $\text{H}_2$ -Anteilen des  $\text{CO}_2$ -armen Gichtgases und setzt damit dessen Reduktionsfähigkeit zusätzlich herab.

**[0005]** Um diesen Nachteil zu umgehen, gibt es verschiedene Lösungsvorschläge. So schlagen Minsheng Qin et.al. (Blast furnace operation with full oxygen blast. Ironmaking and Steelmaking 1988. Vol. 15, No. 6, S. 287–292) die indirekte Aufheizung auf  $900^\circ\text{C}$  in Wärmetauschern vor. In diesem Zustand wird das rückgeführte, von  $\text{CO}_2$  befreite Gichtgas in die Rastformen eingeblasen. Mit diesem Verfahren sind die Voraussetzungen dafür gegeben, dass mit dem Einbringen von heißem Reduktionsgas die gewünschten Vorteile bei der Reduktionsarbeit im Hochofenschacht erzielt werden können. Nachteilig sind der zusätzliche erforderliche Energiebedarf für die Reduktionsgaserhitzung sowie der materielle Aufwand für die Hochtemperaturwärmetauscher.

**[0006]** Ein anderer Weg wird in der DE 1 939 354 A vorgeschlagen, indem das Reduktionsgas durch teilweises oder vollständiges Umsetzen des  $\text{CO}_2$ - und  $\text{H}_2\text{O}$ -Anteiles eines aus der Reduktionszone des Hochofens abgezogenen "Abgases" mit einem Kohlenwasserstoff-Brennstoff in einem gesonderten, beheizten Reaktionssystem zu erzeugen ist. Das so erhaltene  $\text{CO}_2$ - und  $\text{H}_2\text{O}$ -arme Reduktionsgas soll heiß dem Hochofen zugeführt werden. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Umsetzung der  $\text{CO}_2$ - und  $\text{H}_2\text{O}$ -Anteile dieses Abgases mit dem Kohlenwasserstoff-Brennstoff in Gegenwart der im Hochofenschacht anwesenden Eisenoxide bzw. durch reduziertes Eisen katalytisch beschleunigt wird. Die Nachteile bestehen in dem zusätzlichen Energiebedarf für die dabei im Hochofen ablaufenden endothermen Reaktionen sowie im zusätzlich erforderlichen Energiebedarf für die Gichtgaserhitzung und im materiellen Aufwand für die Hochtemperaturwärmetauscher.

**[0007]** Es wurde auch vorgeschlagen, das von  $\text{CO}_2$  befreite Gichtgas eines mit technischem Sauerstoff betriebenen Hochofens durch partielle Oxidation zu erhitzen und dem Hochofen als heißes Reduktionsgas zuzuführen (DE 2 261 766 A). Der Nachteil dieser Verfahrensweise besteht darin, dass dadurch die  $\text{CO}$ - und  $\text{H}_2$ -Gehalte dieses Reduktionsgases verringert und somit sein Reduktionspotential vermindert werden. Zusätzlich entstehen höhere ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ )-Gehalte, wie der Vergleich am Ende der unten angegebenen Beispielrechnung 1 zeigt.

## Aufgabenstellung

**[0008]** Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Roheisenerzeugung im Hochofen bei gleichzeitiger Rückführung von vollständig oder teilweise aus Gichtgas hergestelltem  $\text{CO}_2$ - und  $\text{H}_2\text{O}$ -armem Reduktionsgas in den Hochofen zu realisieren, bei dem das Reduktionsgas auf die notwendigen Temperaturen von bis zu  $1400^\circ\text{C}$ , vorzugsweise 800 bis  $1000^\circ\text{C}$ , aufgeheizt wird, ohne einen Teil des  $\text{CO}$ - und  $\text{H}_2$ -Anteiles des Reduktionsgases für die Aufheizung zu verbrennen und ohne eine materiell aufwendige indirekte Aufheizung des Reduktionsgases bis auf die gewünschte Temperatur für die Zuführung in den Hochofen betreiben zu müssen. Dabei soll der  $(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$ -Gehalt des Reduktionsgases  $< 15 \text{ Vol-\%}$ , vorzugsweise  $< 10 \text{ Vol-\%}$  sein, um die notwendige Reduktionsarbeit bei gleichzeitiger Senkung des Koksverbrauchs leisten zu können.

**[0009]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das den Hochofen verlassende Gichtgas einer  $\text{CO}_2$ -Entfernung nach einem den Stand der Technik repräsentierenden adsorptiven oder absorptiven Verfahren unterzogen wird und dieses  $\text{CO}_2$ -arme Gichtgas gemeinsam mit Sauerstoff und einem hochreaktiven Kohlenwasserstoff, der aus leichteren gasförmigen und/oder flüssigen Kohlenwasserstoffen besteht, der Vergasung nach dem Prinzip der partiellen autothermen Oxidation unterworfen wird. Dabei wird die Wärme für die Aufheizung des gebildeten  $(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$ -armen Reduktionsgases auf die für die Zuführung zum Hochofen gewünschte Temperatur von bis zu  $1400^\circ\text{C}$ , vorzugsweise 800 bis  $1000^\circ\text{C}$ , aus der Exothermie der Reaktionen



gedeckt. Dabei wird die Reaktion (2) durch die Höhe der Sauerstoffzuführung so begrenzt, dass sich der  $(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$ -Gehalt auf  $< 15 \text{ Vol-\%}$ , vorzugsweise  $< 10 \text{ Vol-\%}$  einstellt.

**[0010]** Als hochreaktive Kohlenwasserstoffe für die Aufheizung des Reduktionsgases werden vorteilhafterweise solche verstanden, deren Moleküle weniger als 16 C-Atome aufweisen, wie z.B. die kohlenwasserstoffhaltigen Gase Methan, Äthan, Propan, Butan oder ihre Mischungen sowie flüssige Kohlenwasserstoffe aus dem Bereich der Flüssiggase sowie der Benzin-, Kerosin- und Dieselfraktion. Das  $(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$ -arme Reduktionsgas kann sowohl in das Gestell, in die Rast bzw. in den unteren Schacht als auch simultan in mehrere oder alle der genannten Einblaseebenen dem Hochofen zugeführt werden.

**[0011]** Die Erzeugung des  $(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$ -armen Reduktionsgases aus  $\text{CO}_2$ -armem Gichtgas, Kohlenwasserstoffen und Sauerstoff kann dabei sowohl in den Blasformen des Gestells, der Rast bzw. des unteren Schachts selbst oder in separaten außerhalb des Hochofens angeordneten Einrichtungen erfolgen. Sowohl das aus dem Gichtgas gewonnene  $\text{CO}_2$ -arme Reduktionsgas als auch die Kohlenwasserstoffe können wahlweise durch indirekte Aufheizung auf vorzugsweise  $200\text{--}600^\circ\text{C}$  vorgewärmt werden, was zur Verringerung des Bedarfs an Sauerstoff und Kohlenwasserstoffen wie auch zu geringeren  $\text{CO}_2$ - und  $\text{H}_2\text{O}$ -Gehalten im Reduktionsgas führt. Die Begrenzung auf diese Vorwärmtemperaturen ist sinnvoll, weil bis in diesem Temperaturbereich einfache metallische Rekuperatoren eingesetzt werden können.

**[0012]** Die Erfindung soll an nachfolgenden zwei Beispielen erläutert werden, wobei als Kohlenwasserstoff Methan ausgewählt wurde.

## Ausführungsbeispiel

## Beispiel 1

**[0013]** Es besteht die Absicht, in einem konventionell betriebenen Hochofen die Koks menge pro Tonne Roheisen zu reduzieren, indem Sauerstoff anstelle von sauerstoffangereichertem Heißwind eingesetzt wird und ein Teil des Gichtgases nach Entfernung des  $\text{CO}_2$  aufgeheizt und als Ersatzreduktionsmittel den Blasformen im Gestell und den Blasformen in einer zweiten Einblaseebene im unteren Schacht wieder zugeführt wird.

**[0014]** Der Betrieb des konventionellen Hochofens wird durch folgende Parameter gekennzeichnet:

Roheisenproduktion	60 t/h
Koksverbrauch	432 kg/t RE
Öleinsatz	2 kg/t RE
Kunststoffeinsatz	68 kg/t RE
Heißwind	1180 Nm <sup>3</sup> /t RE
Sauerstoffzusatz	38 Nm <sup>3</sup> /t RE
Gichtgas	1820 Nm <sup>3</sup> /t RE
davon	438 Nm <sup>3</sup> /t RE für Cowper 1382 Nm <sup>3</sup> /t RE für Export

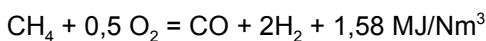
**[0015]** Nach der Umstellung auf den Sauerstoffbetrieb ergeben sich, bezogen auf die gleiche Roheisenproduktion und bei sonst gleichen Zusatzreduktionsmitteln, folgende Werte für Koksverbrauch und Gichtgaszusammensetzung bzw. -menge:

Koksverbrauch	299 kg/t RE
Oeleinsatz	2 kg/t RE
Kunststoffeinsatz	68 kg/t RE
Sauerstoff in Windformen	209 Nm <sup>3</sup> /t RE
(CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O)-armes Reduktionsgas	698 Nm <sup>3</sup> /t RE
Gichtgas	1490 Nm <sup>3</sup> /t RE
Gichtgasanalyse(tr):	
CO	55,1 Vol-%
CO <sub>2</sub>	35,9 Vol-%
H <sub>2</sub>	6,2 Vol-%
N <sub>2</sub>	2,8 Vol-%

**[0016]** Zur Erzeugung des (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)-armen Reduktionsgases wird ein Teil des Gichtgases einer CO<sub>2</sub>-Entfernung durch eine Monoäthanolaminwäsche (MEA-Wäsche) unterzogen, wodurch dieses für die Rückführung in den Hochofen vorgesehene Gas folgende Zusammensetzung erfährt:

CO	83,4 Vol-%
CO <sub>2</sub>	3,0 Vol-%
H <sub>2</sub>	9,1 Vol-%
N <sub>2</sub>	4,5 Vol-%

**[0017]** Das Reduktionsgas wird mit 900°C sowohl dem unteren Schacht als auch dem Gestell zugeführt. Um aufwendige Hochtemperaturwärmetauscher zu vermeiden, erfolgt die Aufheizung durch die exotherme Reaktion der partiellen Oxidation von Methan nach



**[0018]** Zur Substitution von 133 kg des Hochofenkokes sind 698 Nm<sup>3</sup>/tRE (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)-armes Reduktionsgas mit einer Temperatur von 900°C erforderlich. Zu seiner Erzeugung werden benötigt:

CO <sub>2</sub> -armes Gichtgas nach MEA-Wäsche :	490,0 Nm <sup>3</sup> /tRE
CH <sub>4</sub> :	72,1 Nm <sup>3</sup> /tRE
O <sub>2</sub> :	66,5 Nm <sup>3</sup> /tRE

**[0019]** Zur Erzeugung des aus dem Gichtgas resultierenden Anteiles an (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)-armem Reduktionsgas von 490 Nm<sup>3</sup>/tRE werden 741,5 Nm<sup>3</sup>/tRE Gichtgas der MEA-Wäsche zugeführt. Von der gesamten Gichtgasmenge von 1490 Nm<sup>3</sup>/tRE stehen danach 1490,0 – 741,5 = 748,5 Nm<sup>3</sup>/tRE für den Export zur Verfügung.

**[0020]** Das dem Hochofen zugeführte (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)-arme Reduktionsgas besitzt nach der Aufheizung durch die partielle Oxidation auf 900°C folgende Zusammensetzung:

CO	63,0 Vol-%
CO <sub>2</sub>	6,7 Vol-%
H <sub>2</sub>	23,8 Vol-%
H <sub>2</sub> O	3,3 Vol-%
N <sub>2</sub>	3,2 Vol-%

**[0021]** Die reduzierenden Bestandteile CO + H<sub>2</sub> betragen 86,8 Vol-%, die oxidierenden Anteile CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O liegen bei 10,0 Vol-%.

**[0022]** Würde die partielle Oxidation auf 900°C ohne Zusatz eines hochreaktiven Kohlenwasserstoffs erfolgen, so muss unter sonst gleichen Bedingungen mit folgender Gaszusammensetzung gerechnet werden:

CO	75.5 Vol-%
CO <sub>2</sub>	10.9 Vol-%
H <sub>2</sub>	5.2 Vol-%
H <sub>2</sub> O	3.9 Vol-%
N <sub>2</sub>	4.5 Vol-%

**[0023]** Die reduzierenden Bestandteile CO + H<sub>2</sub> würden dann 80,7 Vol-%, die oxidierenden Anteile CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O würden 14,8 Vol-% betragen.

#### Beispiel 2

**[0024]** Der Hochofen wird unter den gleichen Bedingungen betrieben wie im Beispiel 1 dargestellt. Zur Verminderung des Bedarfs an Sauerstoff und an Methan wird das in der MEA-Wäsche vom CO<sub>2</sub> befreite Gichtgas auf 400°C vorgewärmt. Diese Vorwärmtemperatur wurde deshalb gewählt, weil bis zu dieser Temperatur problemlos einfache metallische Rekuperatoren zur indirekten Wärmeübertragung eingesetzt werden können. Zur Substitution von 133 kg des Hochofenkokes sind wegen des geringeren (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)-Gehaltes von 6,57 Vol-% gegenüber 10,0 Vol-% im Beispiel 1 nur 636 Nm<sup>3</sup>/tRE Reduktionsgas mit nachfolgender Zusammensetzung erforderlich:

CO	69,3 Vol-%
CO <sub>2</sub>	4,7 Vol-%
H <sub>2</sub>	20,7 Vol-%
H <sub>2</sub> O	1,8 Vol-%
N <sub>2</sub>	3,5 Vol-%

**[0025]** Zu seiner Erzeugung ebenfalls durch partielle Oxidation mit Sauerstoff werden benötigt:

CO <sub>2</sub> -armes Gas nach MEA-Wäsche:	490 Nm <sup>3</sup> /tRE
CH <sub>4</sub> :	49 Nm <sup>3</sup> /tRE
O <sub>2</sub> :	46 Nm <sup>3</sup> /tRE

**[0026]** In Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen des Hochofens und der Verfügbarkeit weiterer Ersatzreduktionsmittel wird das auf 900 °C aufgeheizte (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)-arme Reduktionsgas gleichzeitig dem unteren Schacht und dem Gestell oder nur dem unteren Schacht zugeführt.

#### Patentansprüche

- Verfahren zur Roheisenerzeugung in einem mit Sauerstoff und rückgeführtem, vom CO<sub>2</sub> befreiten Gichtgas unter Zusatz von Kohlenwasserstoffen betriebenen Hochofen, **dadurch gekennzeichnet**, dass
  - das aus dem Hochofenprozeß rückgeführte Gichtgas einem absorptiven oder adsorptiven Prozeß zur CO<sub>2</sub>-Entfernung unterzogen wird,
  - das vom CO<sub>2</sub> befreite Gichtgas gemeinsam mit Kohlenwasserstoffen und Sauerstoff einer autothermen partiellen Oxidation unterzogen wird, wobei unter Kohlenwasserstoffen solche verstanden werden, deren Moleküle weniger als 16 C-Atome aufweisen, wie z.B. Kohlenwasserstoffgase, wie Methan, Äthan u.a., oder ihre Mischungen, sowie flüssige Kohlenwasserstoffe aus dem Bereich der Flüssiggase sowie der Benzin-, Kerosin- oder Dieselfraktion,
  - die Relationen zwischen dem vom CO<sub>2</sub> befreiten Gichtgas, den Kohlenwasserstoffen und dem Sauerstoff so gewählt werden, dass das als Reduktionsgas genutzte Vergasungsgas einen (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)-Gehalt < 15 Vol-%, vorzugsweise < 10 Vol-% besitzt und Temperaturen aufweist, die bis zu 1400 °C betragen können und vorzugsweise zwischen 800 – 1000 °C liegen,
  - das entstandene Vergasungsgas als (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)-armes Reduktionsgas mit Temperaturen von bis zu 1400 °C, vorzugsweise mit 800 – 1000°C, und einer (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)-Konzentration < 15 Vol-%, vorzugsweise < 10 Vol%, im Gestell oder in der Rast bzw. im unteren Schacht oder simultan in mehreren oder allen der genannten Einblasebenen dem Hochofen zugeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das aus der Vergasung der Kohlenwasserstoffe und aus dem  $\text{CO}_2$ -armen Gichtgas resultierende heiße Reduktionsgas sowohl in den Blasformen des Gestells, der Rast bzw. des unteren Schachts selbst oder in separaten, außerhalb des Hochofens angeordneten Einrichtungen erzeugt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass das  $\text{CO}_2$ -arme Gichtgas und ggf. die Kohlenwasserstoffe auf bis zu  $600\text{ }^\circ\text{C}$ , vorzugsweise auf  $200$  bis  $500\text{ }^\circ\text{C}$  rekuperativ oder regenerativ vorgeheizt werden, bevor der Umsatz der Kohlenwasserstoffe mit technischem Sauerstoff vollzogen wird und die weitere Aufheizung des ( $\text{CO}_2$ - +  $\text{H}_2\text{O}$ )-armen Reduktionsgases damit geschieht.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Blasformen im Gestell gleichzeitig andere, nicht vorgeheizte Ersatzreduktionsmittel eingeblasen werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das aus der Vergasung der Kohlenwasserstoffe und dem  $\text{CO}_2$ -armen Gichtgas resultierende heiße Reduktionsgas in die Rast bzw. in den unteren Schacht eingeblasen wird, während den Windformen im Gestell weitere Ersatzreduktionsmittel zugeführt werden.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen