



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**16.05.2007 Patentblatt 2007/20**

(51) Int Cl.:  
**F27B 13/14** (2006.01) **F27D 17/00** (2006.01)  
**F27D 19/00** (2006.01) **C04B 35/528** (2006.01)  
**C04B 35/532** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05024539.8**

(22) Anmeldetag: **10.11.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK YU**

(72) Erfinder: **Leisenberg, Wolfgang, Dr.**  
**61231 Bad Nauheim - Steinfurth (DE)**

(74) Vertreter: **Engelhardt, Volker**  
**Engelhardt & Engelhardt**  
**Patentanwälte**  
**Montafonstrasse 35**  
**88045 Friedrichshafen (DE)**

(71) Anmelder: **Innovatherm Prof. Dr. Leisenberg GmbH & Co. KG**  
**35510 Butzbach (DE)**

Bemerkungen:

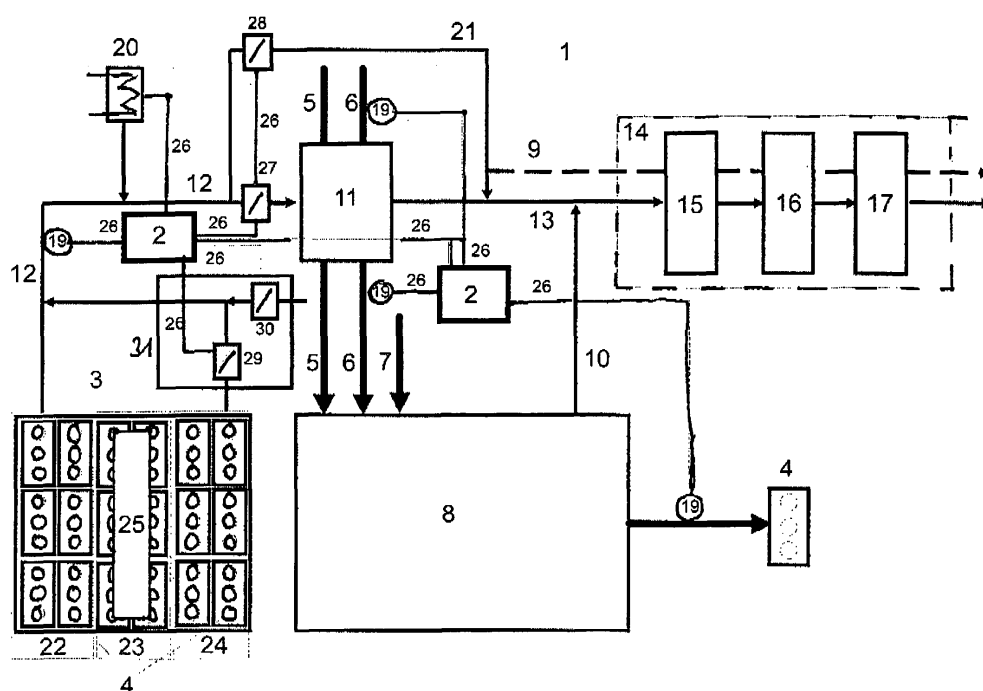
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 86 (2) EPÜ.

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Erwärmung eines Ausgangsstoffes**

(57) Bei einer Vorrichtung (1) zur Erwärmung von Ausgangsstoffen, insbesondere von kalzinierten Petrolkoks (5, 6), aus denen eine Anode (4) für eine Schmelzfluss-Elektrolyse herstellbar ist, bestehend aus einem Misch- und Formaggregat (8), in dem die Ausgangsstoffe (5, 6) zu Anoden (4) formbar sind, die nachfolgend in einem Anoden-Ringofen (3) zu brennen sind, soll die thermische Abwärme des Anoden-Ringofens (4)

zur Aufheizung der Ausgangsstoffe (5, 6) verwendbar sein.

Dies erfolgt dadurch, dass die Ausgangsstoffe (5, 6) in einem Wärmetauscher (11) durch Rauchgas erhitzbar sind, das durch eine Zuführleitung (12) dem Anoden-Ringofen (3) entnommen ist, und dass die derart aufgeheizten Petrolkoksfraktionen (5, 6) in das Misch- und Formaggregat (8) zur Formung der ungebrannten Anode (4) einbringbar sind.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung, eine Steuereinrichtung sowie ein Verfahren zur Erwärmung eines Ausgangsstoffes, insbesondere von kalzinier- 5 tem Petrolkoks, nach den Merkmalen der Oberbegriffe der Patentansprüche 1, 11 und 14.

**[0002]** Bislang werden Anoden für die Schmelzflusselektrolyse zur Herstellung von Primäraluminium nach dem Hall-Heroult-Prozess derart gefertigt, dass der Ausgangsstoff, insbesondere kalzinierter Petrolkoks, einem Mischaggregat oder Knetter zugeführt wird. Des Weiteren wird ein Bindemittel in das Mischaggregat gegeben. Das Bindemittel besteht gewöhnlich aus Steinkohleteer-Pech und wird zusammen mit dem kalzinieren Petrolkoks zu einer Paste verarbeitet, die derart geformt als so genannte grüne Anode anschließend in einem Anoden-Ringofen gebrannt wird.

**[0003]** Im Anoden-Ringofen durchlaufen die Anoden drei Phasen, nämlich eine Aufheizphase, eine Brennphase und eine Abkühlphase. Dies wird durch das Wandern der Absaug-, Beheizungs- und Kühlvorrichtungen über die stationären in Gruben angeordneten und von der Umgebungsluft abgeschlossenen Anoden nach einem vorgegebenen Umsetzzyklus erreicht.

**[0004]** Durch das Vorwärmen des Petrolkokes wird dessen Benetzbarkeit verbessert und die Porosität der ungebrannten Anode wird verringert. Die Erwärmung des Petrolkokes erfolgt mittels eines Wärmeträger-Öls, das dem Mischaggregat zugeführt wird. Dieses Öl wird in einem öl- oder gasbefeuerten Heizaggregat auf die erforderliche Temperatur aufgeheizt. Dieser Wärmeprozess benötigt erhebliche Energie.

**[0005]** Bislang wird die im Rauchgas des Anoden-Ringofens vorhandene Abwärme einer Rauchgasreinigungsanlage zugeführt, gereinigt und abgekühlt. Die Abgase werden also weitgehend energetisch ungenutzt an die Umgebung abgegeben.

**[0006]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung der eingangs genannten Gattung bereitzustellen, mittels der die in dem Anoden-Ringofen entstehende Abwärme für die Erwärmung des Ausgangsstoffes zur Herstellung der Anode genutzt werden kann. Des Weiteren soll eine Steuereinrichtung zur Verfügung gestellt werden, mittels der die Nutzung der Abwärme des Anoden-Ringofens thermisch optimiert ausgenutzt werden kann. Darüber hinaus soll die Erfindung ein Verfahren angeben, durch das die Wärme für die ungebrannte Anode zur Verfügung gestellt wird. Auch soll die Rauchgasreinigung des Anoden-Ringofens verbessert werden.

**[0007]** Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß durch die Merkmale der kennzeichnenden Teile der Patentansprüche 1, 11 und 14 gelöst.

**[0008]** Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0009]** Dadurch, dass dem Anoden-Ringofen aus dessen Aufheizzone heißes Rauchgas und ggf. aus dessen Abkühlzone Abwärme entnommen wird und diese in ei-

nem Wärmetauscher auf den aufzuheizenden Petrolkoks als Ausgangsstoff übertragen wird, wird die in dem Anoden-Ringofen vorhandene bisher ungenutzte thermische Energie zur Herstellung der ungebrannten Anoden genutzt. Dies ergibt eine erhebliche Energieeinsparung, denn die Energie, die notwendig ist, um den Petrolkoks aufzuheizen, bevor dieses dem Mischaggregat zugeführt wird, um die Benetzbarkeit des Petrolkokes zu verbessern, muss nicht durch ein zusätzliches Heizaggregat aufgebracht werden.

**[0010]** Dadurch, dass ein Teil der in der Kühlzone des Anoden-Ringofens anfallende Abwärme mittels Absaugeinrichtungen 4 in die Zuführleitung, durch die das Rauchgas in den Wärmetauscher gesaugt wird, eingebracht werden kann, wird die Kühlung der Anoden in der Abkühlzone verbessert, denn die aufgeheizte Luft in der Abkühlzone wird schneller abtransportiert. Des Weiteren sinkt in der Ofenhalle die Temperatur, denn die abgesaugte Abwärme aus der Abkühlzone erhitzt nicht mehr die unmittelbare Umgebung. Dies verbessert die Arbeitsbedingungen im Bereich des Anoden-Ringofens.

**[0011]** In der Zeichnung ist ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel schematisch dargestellt, das nachfolgend näher erläutert wird. Im Einzelnen zeigt die Figur:

eine Vorrichtung sowie eine Steuereinrichtung zur Nutzung der Abwärme eines Anoden-Ringofens, die in einem Wärmetauscher an einen Ausgangsstoff übertragen wird.

**[0012]** In einer thermisch in sich geschlossenen Vorrichtung 1, die von einer Steuereinrichtung 2 überwacht und nach einem nachfolgend näher erläuterten Prozessführungsschema gesteuert wird, soll die Abwärme eines Anoden-Ringofens 3 nutzbar gemacht werden. In dem Anoden-Ringofen 3 werden grüne Anoden 4 zunächst in einem als Aufheizzone 22 fungierenden Teil des Ofens 3 auf eine bestimmte Temperatur erwärmt. In der nachfolgend vorgesehenen Brennzone 23 des Anoden-Ringofens 3 werden die eingebrachten Anoden 4 über einen vorgegebenen bestimmten Zeitraum einer erhöhten Temperatur ausgesetzt. In einer Abkühlzone 24 werden die Anoden 4 abgekühlt, so dass diese nachfolgend in einer Elektrolysezelle zur Herstellung von Primäraluminium verwendet werden können.

**[0013]** Die Temperatur in der Brennzone 23 wird mittels Brennern 25, die schematisch dargestellt sind, erzielt. Die drei Zonen 22, 23 und 24 sind thermisch miteinander verbunden, so dass die an den heißen Anoden erwärmte Luft aus der Kühlzone 24 in die Brennzone 23 und schließlich in die Aufheizzone 22 strömt und dort die eingebrachten Anoden 4 erwärmt.

**[0014]** Als Ausgangsstoff zur Formung der Anode 4 wird üblicherweise kalzinierter Petrolkoks 5 bzw. 6 verwendet, der aus unterschiedlichen Kornfraktionen definiert gemischt wird. Der kalzinierter Petrolkoks 5, 6 wird mittels eines Bindemittels 7, das aus Steinkohleteer-Pech 7 besteht, einem Misch- und Formaggregat 8 zu-

geführt, in dem die Petrolkoksfraktionen 5 und 6 sowie das Bindemittel 7 zu einer Paste verarbeitet und zur ungebrannten Anode 4 verformt wird.

**[0015]** Durch die Vorrichtung 1 soll es ermöglicht werden, die in dem Anodenringofen 3 anfallende Abwärme für die Aufheizung des Petrolkoks 5 und 6 zu verwenden. Des Weiteren kann die Vorrichtung 1 einen Anlagenteil aufweisen, durch den das Rauchgas des Anodenringofens 3 vorgereinigt und abgekühlt durch eine Rauchgasreinigungsanlage abgeleitet wird.

**[0016]** Die aus der Aufheizzone 22 abgesaugten Rauchgase werden von einer Zuführleitung 12 einem Wärmetauscher 11 zugeführt. In dem Wärmetauscher 11 wird der kalzinierte Petrolkoks 5 bzw. 6 eingebracht und von dem Rauchgas unmittelbar durch- bzw. umströmt. Der Wärmetauscher 11 kann für die unterschiedlichen Petrolkoksfraktionen 5 bzw. 6 einzelne Aggregate aufweisen, in denen die jeweiligen Petrolkoksfraktionen 5 bzw. 6 einbringbar sind. Der Wärmetauscher 11 ist dabei als Fließ- oder Wanderbett-Wärmetauscher ausgebildet, so dass der eingebrachte Petrolkoks 5 bzw. 6 mit einer bestimmten Geschwindigkeit den Wärmetauscher 11 durchlaufen und dabei von dem einströmenden Rauchgas aufgeheizt werden. Der derart erwärmte Petrolkoks 5 bzw. 6 wird nachfolgend dem Misch- und Formaggregat 8 zugeführt, und zwar zusammen mit dem Bindemittel 7, das anderweitig vorgewärmt dem Misch- und Formaggregat 8 zugegeben wird.

**[0017]** Der Temperaturunterschied zwischen dem aufgeheizten Petrolkoks 5 und 6 und der Temperatur des aus dem Wärmetauscher ausströmenden Rauchgases 13 beträgt mindestens 50 K. Die Steuereinrichtung 2 ist mit einem Temperatursensor 19 elektrisch verbunden, durch den die Temperatur des der Aufheizzone 22 entnommenen Rauchgases gemessen wird. Stellt die Steuereinrichtung 2 fest, dass die Temperatur des Rauchgases in der Zuführleitung 12 zu niedrig ist, kann über die Drosselklappe 29 einer Absaugeinrichtung 31, die mit der Abkühlzone 24 des Anoden-Ringofens 3 verbunden ist, Abwärme aus dieser in die Zuführleitung 12 eingebracht werden. Da die Zuführleitung 12 unter Unterdruck steht, sind Ventilatoren nicht erforderlich. Des Weiteren ist die Absaugeinrichtung 31 über eine weitere Drosselklappe 30 mit der Umgebung verbunden, so dass gegebenenfalls die der Abkühlzone 24 entnommene Abwärme mit der Umgebungsluft angereichert werden kann, um diese auf eine bestimmte vorgegebene Temperatur abzusenken.

**[0018]** Des Weiteren kann das Rauchgas in der Zuführleitung 12 durch ein Heizaggregat 20, das ebenfalls von der Steuereinrichtung 2 ein- oder ausgestellt wird, weiter erwärmt werden. Unmittelbar vor dem Wärmetauscher 11 ist eine Drosselklappe 27 vorgesehen, durch die der Zugangsquerschnitt von der Zuführleitung 12 in den Wärmetauscher 11 steuerbar ist. Folglich kann die Menge des in den Wärmetauscher 11 einströmenden Rauchgasanteils durch die Drosselklappe 27 geregelt werden. Wird nur ein Teilstrom des Rauchgases zur Auf-

heizung benötigt, wird der Rest durch eine in einer Bypassleitung 21 integrierte Drosselklappe 29 geleitet, so dass dieses Rauchgas unmittelbar aus der Zuführleitung 12 um den Wärmetauscher 11 fließt. Der Wärmetauscher 11 ist des Weiteren mit einer Ableitung 13 verbunden, durch die die Abgase der Rauchgasreinigungsanlage 14 zugeführt werden. Die Bypassleitung 21 mündet in die Ableitung 13, so dass sämtliche Rauchgase und die Abwärme aus dem Anoden-Ringofen 4 durch die Zuführleitung 12 und dem Wärmetauscher 11 in die Ableitung 13 und damit in die Rauchgasreinigungsanlage 14 oder aber um den Wärmetauscher 11 herum durch die Bypassleitung 21 in die Ableitung 13 geführt werden. Die Bypassleitung 21 kann auch über eine separate Leitung 9 in einen separaten Teil der Rauchgasreinigungsanlage 14 einmünden, um für den Teilstrom in der Bypassleitung 21 einen kleineren Druckverlust zu erreichen.

**[0019]** Es hat sich als besonders günstig herausgestellt, wenn die Temperatur der durch das Misch- und Formaggregat 8 geformten Anode 4 etwa 160°C beträgt. Diese Temperatur der Anode 4 wird durch einen Temperatursensor 19 gemessen und der Temperaturwert der fertig geformten Anode 4 wird der Steuereinrichtung 2 übermittelt. Weitere Temperatursensoren 19 messen die Temperatur des den Wärmetauscher 11 verlassenden Petrolkoks 5 und 6 sowie die in den Wärmetauscher 11 einzubringenden Petrolkoks 5 und 6 und geben die derart gemessenen Temperaturwerte an die Steuereinrichtung 2 weiter. Aufgrund der erhaltenen Temperaturwerte der Petrolkoks 5 und 6 sowie der fertig geformten Anode 4 kann durch die Steuereinrichtung 2 ermittelt werden, welche Temperatur in der Zuführleitung 12 benötigt wird und die Klappen 29, 30 der Absaugeinrichtung 4 entsprechend einstellen.

**[0020]** Für den Betrieb des Anoden-Ringofens 3 werden die Brenner 25 nach einem vorgegebenen Zyklus umgesetzt, so dass die vormalige Brennzzone 23 zur Abkühlzone 24 wird.

**[0021]** Da nach dem Umsetzen der Brenner 25 die Rauchgastemperatur, die durch die Zuführleitung 12 in den Wärmetauscher 11 geleitet wird, am Niedrigsten ist, die in Abkühlzone 24 herrschende Temperatur jedoch ihr höchstes Temperaturniveau erreicht, wird durch den gegenläufigen Temperaturverlauf bereits ein gewisser Ausgleich erzielt, denn das Rauchgas vermischt sich mit der Abwärme, die der Abkühlzone 24 entnommen wurde. Die genaue erforderliche Temperatur in der Zuführleitung 12 wird durch die Steuereinrichtung 2 und durch die Stellung der Drosselklappen 29 und gegebenenfalls 30 erreicht. Auch können auf diese Weise die in der Zuführleitung 12 herrschenden Maximal-Temperaturen begrenzt werden.

**[0022]** Bei einem möglichen Störfall am Anoden-Ringofen 3 wird die Aufheizung des Petrolkoks 5 und 6 durch das in der Zuführleitung 12 integrierte Heizaggregat 20 bewerkstelligt.

**[0023]** Da beim Durchströmen des Petrolkoks 5 bzw. 6 in dem Wärmetauscher 11 das Rauchgas physi-

kalische und chemische Sorptionsvorgänge ablaufen, übernimmt der Wärmetauscher 11 bereits eine Vor-Abscheidefunktion für die Rauchgasreinigung. Durch den in der Rauchgasreinigungsanlage 14 eingebauten Fließbettreaktor 15, der je nach Anforderungen an die Reingase mit speziellen Sorptions-Stoffen, beispielsweise Harnstoffen NH<sub>3</sub> für die Nox-Abscheidung und/oder Aktivkohle für die PAH-Abscheidung betrieben wird und gegebenenfalls als Mehrbettreaktor ausgebildet sein kann, wird das Rauchgas vollständig gereinigt. Der Fließbettreaktor 16, der mit Kalkstein-Splitt betrieben wird, eliminiert Schwefel- und Fluorrückstände aus dem Rauchgas. Es besteht erfindungsgemäß auch die Möglichkeit, anstatt des Fließbettreaktors 15 einen Sorptionsreaktor mit der Feinstfraktion des Petrolkoks 5 oder 6 als Sorptionsmittel zu betreiben.

**[0024]** Sinnvollerweise werden auch die Pechdämpfe 10 aus der Misch- und Formgebungsanlage 8 zur Reinigung dem Rauchgas in der Abführleitung zugegeben. Dadurch wird die sonst erforderliche separate Reinigungsanlage hinfällig.

**[0025]** Dem Ausführungsbeispiel liegt beispielhaft eine Energiebilanz zugrunde, die nachfolgend angegeben wird. Das Verhältnis von Anoden-Massenstrom und Rauchgas-Massenstrom bei dem Anoden-Ringofen 3 liegt infolge des Falschlufteils im Rauchgas zwischen 1:3 und 1:7 und im Mittel etwa bei 1:5. Die spezifischen Wärmen von Petrolkoks 5 und 6 sind etwa gleich groß, so dass der Rauchgas-Massenstrom als ein Vielfaches des Petrolkoks-Massenstromes genügend Energie enthält, um die Petrolkokse 5 und 6 zu erwärmen. Das Bindemittel 7 wird flüssig mit einer Temperatur von etwa 200°C dem Ausgangsstoff, also den Petrolkoksfraktionen 5 und 6 vor deren Eintritt in den Wärmetauscher 11 zugemischt und liefert folglich einen Teil der benötigten Erwärmungsenergie. Somit genügt eine Ausgangstemperatur des Petrolkoks 5 und 6 nach dem Wärmetauscher 11 von etwa 150°C.

**[0026]** Die Temperatur des Rauchgases in der Zuführleitung 12 wird beeinflusst durch die Anzahl der Feuer, die um den Anoden-Ofen 3 wandern, und schwankt etwa zwischen 150°C bis 250°C innerhalb eines Unsetzzyklus der Aggregate. Da die Temperaturdifferenz zwischen dem Rauchgas und dem Petrolkoks 5 und 6 am Ausgang des Wärmetauschers 11 etwa 50 K betragen soll, ist zu gewährleisten, dass die Temperatur des Rauchgases, das in den Wärmetauscher 11 einströmt, etwa 200°C aufweist. Bei diesen Annahmen und einem Petrolkoks-Massenstrom 5, 6 und der geringen Grünanoden-Abfallmenge 7 von 12, 5 t/h ist ein Rauchgas-Massenstrom durch den Wärmetauscher 11 von etwa 30 t/h erforderlich. Da der Rauchgas-Massenstrom in der Zuführleitung 12 bei einem mittleren Falschlufteanteil etwa 70 t/h beträgt, wird der zur Aufheizung nicht benötigte Teil von etwa 40 t/h über die Bypassleitung 21 am Wärmetauscher 11 vorbeigeführt.

**[0027]** Bei einem 3-Feuer-Anoden-Ringofen 3, einer Zykluszeit von 24 h und in zeitlich gleichmäßigen Ab-

ständen durchgeführten Umsetzungen der Aggregate 25 ist der Verlauf der Rauchgastemperatur sägezahnförmig mit einer Periodendauer von 8 Stunden. Dabei steigt die Rauchgastemperatur in der Zuführleitung 12 von etwa 150°C auf etwa 250°C an und fällt beim nächsten Umsetzen der Aggregate 25 wieder auf 150°C zurück.

**[0028]** Um nunmehr die geforderte Mindesttemperatur des Rauchgases von 200°C vor dessen Eintritt in den Wärmetauscher 11 zu gewährleisten, wird durch das erfindungsgemäße Verfahren aus der Abkühlzone 24 des Anoden-Ringofens 3 durch Absaugeinrichtungen 31 zeitweise Heißluft mit etwa 400°C abgesaugt und in der Zuführleitung 12 dem Rauchgas zugemischt. Im vorgenannten Beispiel sind das etwa 14 t/h unmittelbar nach dem Umsetzen der Brenner 25 mit linear abnehmender Tendenz bis auf Null nach 4 Stunden.

**[0029]** Um eine effektive Prozessführung sicherzustellen, ist eine dreifach kaskadierte Regelung mit unterlagter Steuerung vorgesehen. Zunächst wird als Hauptführungsgröße die Temperatur der grünen Anode 4 gemessen, also wenn die Anode 4 die Misch- und Formgebungsanlage 8 verlässt. In Abhängigkeit davon werden die in der Bypassleitung 21 integrierte Drosselklappe 28 und die Drosselklappe 27, die unmittelbar vor dem Wärmetauscher 11 in der Zuführleitung 12 vorgesehen ist, in der Weise durch die Steuereinrichtung 2 eingestellt, dass durch die Veränderung der Rauchgas-Volumenströme in dem Wärmetauscher 11 die gewünschte Petrolkoks-Ausgangstemperatur erzielt wird. Dies erfolgt zweckmäßigerweise durch eine Kaskadenregelung mit der Kokstemperatur als Hilfsregelgröße. Durch die zusätzliche Heißluftmenge, die über Absaugaggregate 31 der Abkühlzone 24 entnommen wird, wird der gesamte Massenstrom des Rauchgases durch eine mit der Umgebung verbundene Drosselklappe 30 derart geregelt, dass die der Kühlzone entnommene Zusatzluft minimiert wird, d.h. erst wenn die Petrolkokstemperatur über die der Aufheizzone 22 ausschließlich entnommene Rauchgastemperatur nicht mehr erreicht wird, kann zusätzlich die Heißluft aus der Abkühlzone 24 zugemischt werden.

**[0030]** Da die thermischen Vorgänge relativ langsam ablaufen, wird der Steuereinrichtung 2 eine lernfähige Steuerung unterlagert, die anhand der empirischen Daten vorgegebener Betriebszustände die Stellwerte der einzelnen Drosselklappen 27 bis 30 vorab einstellt und diese durch die Steuereinrichtung 2 nur noch geringfügig an den tatsächlichen Ist-Zustand der Vorrichtung 1 angepasst werden müssen. Dem erfindungsgemäßen Steuerungsverfahren liegt vorzugsweise ein Neuronales Netz oder ein Neuro-Fuzzy-Algorithmus zugrunde.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Erwärmung von Ausgangsstoffen, insbesondere von kalzinierter Petrolkoks (5, 6), aus denen eine Anode (4) für eine Schmelzfluss-Elektrolyse herstellbar ist, bestehend aus einem

- Misch- und Formaggregat (8), in dem die Ausgangsstoffe (5, 6) zu Anoden (4) formbar sind, die nachfolgend in einem Anoden-Ringofen (3) zu brennen sind,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** die Ausgangsstoffe (5, 6) in einem Wärmetauscher (11) durch Rauchgas erhitzbar sind, das durch eine Zuführleitung (12) dem Anoden-Ringofen (3) entnommen ist, und dass die derart aufgeheizten Petrolkoksfraktionen (5, 6) in das Misch- und Formaggregat (8) zur Formung der ungebrannten Anode (4) einbringbar sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** der Wärmetauscher (11) als Fließ- oder Wanderbett-Wärmetauscher ausgebildet ist und/ oder dass der Wärmetauscher (11) aus einem oder mehreren Aggregaten besteht, in denen Petrolkoks (5 bzw. 6) mit unterschiedlichen Kornfraktionen unmittelbar von dem aufgeheizten Rauchgas des Anoden-Ringofens (3) anströmbar sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** an die Zuführleitung (12), durch die das Rauchgas in den Wärmetauscher (11) eingeleitet ist, ein Absaugaggregat (31) mit einer steuerbaren Drosselklappe (29, 30) anschließbar ist, durch die Heißluft aus der Kühlzone (24) in die Zuführleitung (12) einleitbar ist.
4. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** in der Zuführleitung (12) vor dem Wärmetauscher (11) eine Bypass-Leitung (21) integriert ist, durch die das Rauchgas um den Wärmetauscher (11) geleitet ist.
5. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** die Zuführleitung (12) mit der Aufheizzone (22) und/ oder mit der Abkühlzone (24) des Anoden-Ringofens (3) verbunden ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** in die mit der Abkühlzone (24) des Anoden-Ringofens (3) verbundene Absaugaggregat (31) eine steuerbare Drosselklappe (30) integriert ist, durch die Umgebungsluft einströmt und dass die von der Abkühlzone (24) kommende Abwärme durch eine Drosselklappe (29) regelbar in die Zuführleitung (12) einbringbar ist.
7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** in die Zuführleitung (12) eine Zusatzheizung (20) zur Erzeugung von Heißluft integriert ist, durch die das Rauchgas in der Zuführleitung (12) auf ein bestimmtes Temperaturniveau vor dem Eintritt in den Wärmetauscher (11) erhitzbar ist.
8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** der Wärmetauscher (11) mit einer Ausgangsleitung (13) verbunden ist, die in ein Reinigungsaggregat (14) mündet, das als Mehrbettreaktor (15) und/oder als Fließbettreaktor (16) und/oder als Staubabscheider (17) aus Zyklon- oder Textilfilter ausgebildet ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** die in dem Misch- und Formaggregat (8) anfallenden Pechdämpfe durch eine Rohrleitung (10) der Ableitung (13) des Wärmetauschers (11) zugeführt sind.
10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** in das Misch- und Formaggregat (8) zusammen mit den erwärmten Petrolkoksfraktionen (5,6) ein unbehandelter Anteil von Anodenabfall eingebracht ist.
11. Steuereinrichtung (2) zur Nutzung der Abwärme eines Anoden-Ringofens (3), insbesondere zur Verwendung in einer Vorrichtung (1) nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche, bestehend aus einer Zuführleitung (12), durch die die Abwärme des Anoden-Ringofens (3) aus der Aufheiz- (22) und/ oder Abkühlzone (24) entnommen ist, aus einer Reinigungsanlage (14), durch die das Rauchgas in die Umgebung abgekühlt und gereinigt abströmt,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** in die Zuführleitung (12) mindestens eine Drosselklappe (27, 28, 29, 30) integriert sind, dass der Öffnungswinkel der Drosselklappe (27-30) mittels der Steuereinrichtung (2) einstellbar ist, dass der Steuereinrichtung (2) eine Vielzahl von Volumen- und/ oder Temperaturmesssensoren (19) zugeordnet sind, durch die in den einzelnen Abschnitten der Zuführleitung (12) der Volumenstrom des Rauchgases und dessen Temperatur messbar sind, dass die Abwärme der Aufheizzone (22) und/ oder die Warmluft der Abkühlzone (24) des Anoden-Ringofens (3) einem Wärmetauscher (11) über die Zuführleitung (12) zugeleitet sind, der vor der Rauchgasreinigungsanlage (14) angeordnet ist, dass in dem Wärmetauscher (11) das zur Formung der Anode (4) not-

wendige Petrolkoks (5, 6) auf einen vorgegebenen Temperaturwert erhitzbar ist, in dem das Rauchgas den Petrolkoks (5, 6) unmittelbar in dem Wärmetauscher (11) umströmt, dass der derart erwärmte Petrolkoks (5, 6) in einem nachfolgenden Misch- und Formaggregat (8) zu der Anode (4) formbar ist und dass in Abhängigkeit der durch die Sensoren (19) gemessenen Volumenstrom und/ oder Temperatur der geformten Anode (4) durch die Steuereinrichtung (2) die Öffnungswinkel der jeweiligen Drosselklappen. (27-30) regelbar ist.

12. Steuereinrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der Steuereinrichtung (2) eine Software und/ oder ein Mikroprozessor zugeordnet ist, mittels der und/oder dem die Nutzung der Abwärme des Anoden-Ringofens (3) in Abhängigkeit des gemessenen Volumenstroms des Rauchgases und dessen Temperatur in den jeweiligen Abschnitten der Zuführleitung (12) einstellbar ist.
13. Steuereinrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** in die Zuführleitung (12) vor dem Wärmetauscher (11) eine Bypassleitung (21) vorgesehen ist, durch die die Abwärme um den Wärmetauscher (11) unmittelbar in die Rauchgasreinigungsanlage (14) einleitbar ist, und dass der Volumenstrom in der Bypassleitung (21) durch die Steuereinrichtung (2) einstellbar ist.
14. Verfahren zur Nutzung der Abwärme eines Anoden-Ringofens (3), **gekennzeichnet durch** die nachfolgend ablaufenden Verfahrensschritte:
- Zuführen des Rauchgases aus der Aufheizzone (22) und/ oder der Abwärme aus der Abkühlzone (24) des Anoden-Ringofens (3) in einen Wärmetauscher (11),
- Einbringen von Petrolkoksfraktionen (5, 6) in den Wärmetauscher (11), die in diesem **durch** das Rauchgas aufgeheizt werden,
- Einbringen des aufgeheizten Petrolkoks (5, 6) in ein Misch- und Formaggregat (8), in dem der Petrolkoks (5, 6) zu einer ungebrannten Anode (4) geformt wird,
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Temperatur der ungebrannten Anode (4) gemessen wird, dass die Temperatur des Rauchgases in der Zuführleitung (12) in Abhängigkeit von der gemessenen Temperatur der ungebrannten Anode (4) einstellbar ist.
16. Verfahren nach Anspruch 15,

**dadurch gekennzeichnet**,

**dass** die Temperatur des Rauchgases in der Zuführleitung (12) durch Erhitzen mittels eines Heizaggregates (20) oder durch die Zumischung von kalter Umgebungsluft beeinflussbar ist.

#### Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 86(2) EPÜ.

1. Vorrichtung (1) zur Erwärmung von Ausgangsstoffen (5, 6), insbesondere von kalzinierem Petrolkoks, aus denen eine Anode (4) für eine Schmelzfluss-Elektrolyse herstellbar ist, bestehend aus einem Misch- und Formaggregat (8), in dem die Ausgangsstoffe (5, 6) zu Anoden (4) formbar sind, die nachfolgend in einem Anoden-Ringofen (3) brennbar sind,

**dadurch gekennzeichnet**,

**dass** die Ausgangsstoffe (5, 6) in einem Wärmetauscher (11) durch Rauchgas erhitzbar sind, das durch eine Zuführleitung (12) dem Anoden-Ringofen (3) entnehmbar ist, dass die Ausgangsstoffe (5, 6) durch die Erwärmung mittels des Rauchgases in dem Wärmetauscher (11) zu aufgeheizten Petrolkoksfraktionen (5', 6') herstellbar sind und dass die derart aufgeheizten Petrolkoksfraktionen (5', 6') in das Misch- und Formaggregat (8) zur Formung der ungebrannten Anode (4) einbringbar sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet**,

**dass** der Wärmetauscher (11) als Fließ- oder Wanderbett-Wärmetauscher ausgebildet ist und/oder dass der Wärmetauscher (11) aus einem oder mehreren Aggregaten besteht, in denen Petrolkoks (5 bzw. 6) mit unterschiedlichen Kornfraktionen unmittelbar von dem aufgeheizten Rauchgas des Anoden-Ringofens (3) anströmbare sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet**,

**dass** an die Zuführleitung (12), durch die das Rauchgas in den Wärmetauscher (11) eingeleitet ist, ein Absaugaggregat (31) mit einer steuerbaren Drosselklappe (29, 30) anschliessbar ist, durch die Heißluft aus der Kühlzone (24) des Anoden-Ringofens (3) in die Zuführleitung (12) einleitbar ist.

4. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet**,

**dass** in der Zuführleitung (12) vor dem Wärmetauscher (11) eine Bypass-Leitung (21) integriert ist, durch die das Rauchgas um den Wärmetauscher (11) leitbar ist.

5. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vor-

genannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Zuführleitung (12) mit der Aufheizzone (22) und/ oder mit der Abkühlzone (24) des Anoden-Ringofens (3) verbunden ist.

5

6. Vorrichtung nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in die mit der Abkühlzone (24) des Anoden-Ringofens (3) verbundene Absaugaggregat (31) eine steuerbare Drosselklappe (30) integriert ist, durch die Umgebungsluft einströmt und dass die von der Abkühlzone (24) kommende Abwärme durch eine Drosselklappe (29) regelbar in die Zuführleitung (12) einbringbar ist.

10

15

7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in die Zuführleitung (12) eine Zusatzheizung (20) zur Erzeugung von Heißluft integriert ist, durch die das Rauchgas in der Zuführleitung (12) auf ein bestimmtes Temperaturniveau vor dem Eintritt in den Wärmetauscher (11) erhitzbar ist.

20

25

8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Wärmetauscher (11) mit einer Ausgangsleitung (13) verbunden ist, die in ein Reinigungsaggregat (14) mündet, das als Mehrbettreaktor (15) und/oder als Fließbettreaktor (16) und/oder als Staubabscheider (17) aus Zyklon- oder Textilfilter ausgebildet ist.

30

35

9. Vorrichtung nach Anspruch 8,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die in dem Misch- und Formaggregat (8) anfallenden Pechdämpfe durch eine Rohrleitung (10) der Ableitung (13) des Wärmetauschers (11) zuführbar sind.

40

10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in das Misch- und Formaggregat (8) zusammen mit den erwärmten Petrolkoksfraktionen (5', 6') ein unbehandelter Anteil von Anodenabfall einbringbar ist.

45

50

11. Steuereinrichtung (2) zur Nutzung der Abwärme eines Anoden-Ringofens (3), insbesondere zur Verwendung in einer Vorrichtung (1) nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,

55

- bestehend aus einer Zuführleitung (12), durch die die Abwärme des Anoden-Ringofens (3) aus der Aufheiz- (22) und/oder Abkühlzone (24) ent-

nehmbar ist, aus einer Reinigungsanlage (14), durch die das Rauchgas in die Umgebung abgekühlt und gereinigt abströmt,

**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in die Zuführleitung (12) mindestens eine Drosselklappe (27, 28, 29, 30) integriert ist bzw. sind,

- **dass** der Öffnungswinkel der Drosselklappe (27-30) mittels der Steuereinrichtung (2) einstellbar ist,  
 - **dass** der Steuereinrichtung (2) eine Vielzahl von Volumen- und/ oder Temperaturmessensoren (19) zugeordnet sind, durch die in den einzelnen Abschnitten der Zuführleitung (12) der Volumenstrom des Rauchgases und dessen Temperatur messbar sind,  
 - **dass** die Abwärme der Aufheizzone (22) und/ oder die Warmluft der Abkühlzone (24) des Anoden-Ringofens (3) einem Wärmetauscher (11) über die Zuführleitung (12) zuleitbar sind, der vor der Rauchgasreinigungsanlage (14) angeordnet ist,  
 - **dass** in dem Wärmetauscher (11) das zur Formung der Anode (4) notwendige Petrolkoks (5, 6) auf einen vorgegebenen Temperaturwert erhitzbar ist, in dem das Rauchgas den Petrolkoks (5, 6) unmittelbar in dem Wärmetauscher (11) umströmt,  
 - **dass** die derart erwärmte Petrolkoksfraktionen (5', 6') in einem nachfolgenden Misch- und Formaggregat (8) zu der Anode (4) formbar ist und  
 - **dass** in Abhängigkeit der durch die Sensoren (19) gemessenen Volumenstrom und/oder Temperatur der geformten Anode (4) durch die Steuereinrichtung (2) die Öffnungswinkel der jeweiligen Drosselklappen (27 bis 30) regelbar sind.

12. Steuereinrichtung nach Anspruch 11,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Steuereinrichtung (2) eine Software und/ oder ein Mikroprozessor zugeordnet ist, mittels der und/oder dem die Nutzung der Abwärme des Anoden-Ringofens (3) in Abhängigkeit des gemessenen Volumenstroms des Rauchgases und dessen Temperatur in den jeweiligen Abschnitten der Zuführleitung (12) einstellbar ist.

13. Steuereinrichtung nach Anspruch 11 oder 12,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in die Zuführleitung (12) vor dem Wärmetauscher (11) eine Bypassleitung (21) vorgesehen ist, durch die die Abwärme um den Wärmetauscher (11) unmittelbar in die Rauchgasreinigungsanlage (14) einleitbar ist, und dass der Volumenstrom in der Bypassleitung (21) durch die Steuereinrichtung (2) ein-

stellbar ist.

**14.** Verfahren mit den nachfolgend ablaufenden Verfahrensschritten:

- Zuführen des Rauchgases aus der Aufheizzone (22) und/oder der Abwärme aus der Abkühlzone (24) des Anoden-Ringofens (3) in einen Wärmetauscher (11),

5

10

**gekennzeichnet durch**

- Einbringen von Ausgangsstoffen (5, 6) in den Wärmetauscher (11), die in diesem durch das Rauchgas zu Petrolkoksfraktionen (5', 6') aufgeheizt werden,
- Einbringen der aufgeheizten Petrolkoksfraktionen (5', 6') in ein Misch- und Formaggregat (8), in dem die Petrolkoksfraktionen (5', 6') zu einer ungebrannten Anode (4) geformt werden, um die Abwärme des Anoden-Ringofens (3) zu nutzen.

15

20

**15.** Verfahren nach Anspruch 14,

**dadurch gekennzeichnet,**

25

**dass** die Temperatur der ungebrannten Anode (4) gemessen wird, dass die Temperatur des Rauchgases in der Zuführleitung (12) in Abhängigkeit von der gemessenen Temperatur der ungebrannten Anode (4) eingestellt wird.

30

**16.** Verfahren nach Anspruch 15,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Temperatur des Rauchgases in der Zuführleitung (12) durch Erhitzen mittels eines Heizaggregates (20) oder durch die Zumischung von kalter Umgebungsluft beeinflusst wird.

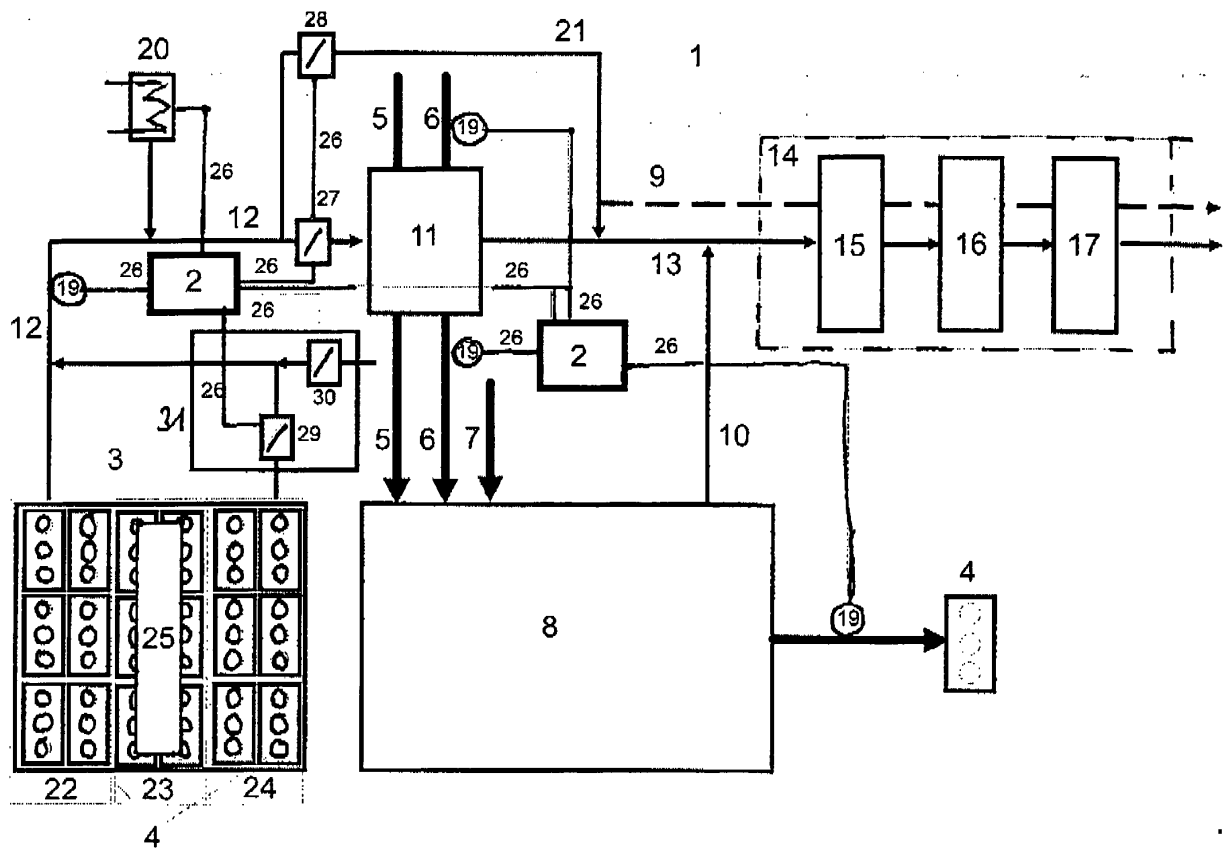
35

40

45

50

55





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 05 02 4539

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                             |                                                     |                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                                                                                         | Betrifft Anspruch                                   | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)                                      |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DE 35 38 151 A1<br>(SCHULTZE-RHONHOF, ERNST, DR)<br>30. April 1987 (1987-04-30)<br>* Spalte 5, Zeile 34 - Spalte 6, Zeile 9 *<br>* Abbildungen 1-3 *<br>-----                                                               | 1-10,<br>14-16                                      | INV.<br>F27B13/14<br>F27D17/00<br>F27D19/00<br>C04B35/528<br>C04B35/532 |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US 3 173 980 A (HYSINGER DAVID M)<br>16. März 1965 (1965-03-16)<br>* Spalte 5, Zeile 15 - Zeile 35 *<br>* Abbildung 1 *                                                                                                     | 11-13                                               |                                                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DE 30 13 294 A1 (SCHWEIZERISCHE ALUMINIUM AG; MASCHINENFABRIK GUSTAV EIRICH, 6969 HARDH) 23. Oktober 1980 (1980-10-23)<br>* Seite 10, Absatz 4 - Seite 11, Absatz 2 *<br>* Seite 16, Absatz 1 *<br>* Abbildung 1 *<br>----- | 1-10                                                |                                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                             |                                                     | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                             |                                                     | F27B<br>F27D<br>C04B<br>C25C                                            |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                             |                                                     |                                                                         |
| Recherchenort<br><b>Den Haag</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                             | Abschlußdatum der Recherche<br><b>5. April 2006</b> | Prüfer<br><b>Peis, S</b>                                                |
| <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br/>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br/>A : technologischer Hintergrund<br/>O : mündliche Offenbarung<br/>P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br/>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br/>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br/>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br/>.....<br/>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p> |                                                                                                                                                                                                                             |                                                     |                                                                         |

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 05 02 4539

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-04-2006

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 3538151 A1                                       | 30-04-1987                    | KEINE                             |                               |
| US 3173980 A                                        | 16-03-1965                    | KEINE                             |                               |
| DE 3013294 A1                                       | 23-10-1980                    | BR 8002117 A                      | 25-11-1980                    |
|                                                     |                               | CA 1163407 A1                     | 13-03-1984                    |
|                                                     |                               | CH 637308 A5                      | 29-07-1983                    |
|                                                     |                               | ES 8104442 A1                     | 01-07-1981                    |
|                                                     |                               | FR 2453224 A1                     | 31-10-1980                    |
|                                                     |                               | GB 2046143 A                      | 12-11-1980                    |
|                                                     |                               | IE 49665 B1                       | 13-11-1985                    |
|                                                     |                               | IT 1147342 B                      | 19-11-1986                    |
|                                                     |                               | JP 1651391 C                      | 30-03-1992                    |
|                                                     |                               | JP 3010716 B                      | 14-02-1991                    |
|                                                     |                               | JP 55161086 A                     | 15-12-1980                    |
|                                                     |                               | NL 8002015 A                      | 07-10-1980                    |
|                                                     |                               | NO 800952 A                       | 06-10-1980                    |
|                                                     |                               | SU 1148567 A3                     | 30-03-1985                    |
|                                                     |                               | US 4428679 A                      | 31-01-1984                    |
|                                                     |                               | YU 93680 A1                       | 28-02-1983                    |
|                                                     |                               | ZA 8001967 A                      | 29-04-1981                    |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82