

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Mai 2006 (11.05.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/047802 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01K 13/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2005/000436

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. November 2005 (04.11.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 1840/2004 4. November 2004 (04.11.2004) AT

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **AVL LIST GMBH** [AT/AT]; Hans-List-Platz 1,
A-8020 Graz (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MEITZ, Klaus**

[AT/AT]; Plüddemanngasse 97a, A-8010 Graz (AT).
BEHAR, Ron [US/AT]; Am Damm 9, A-8020 Graz (AT).
DERSCHMIDT, Otfried [AT/AT]; Kalvariengürtel 9,
A-8020 Graz (AT). **PEINECKE, Volker** [AT/AT]; Artur
Michl Gasse 10c, A-8042 Graz (AT).

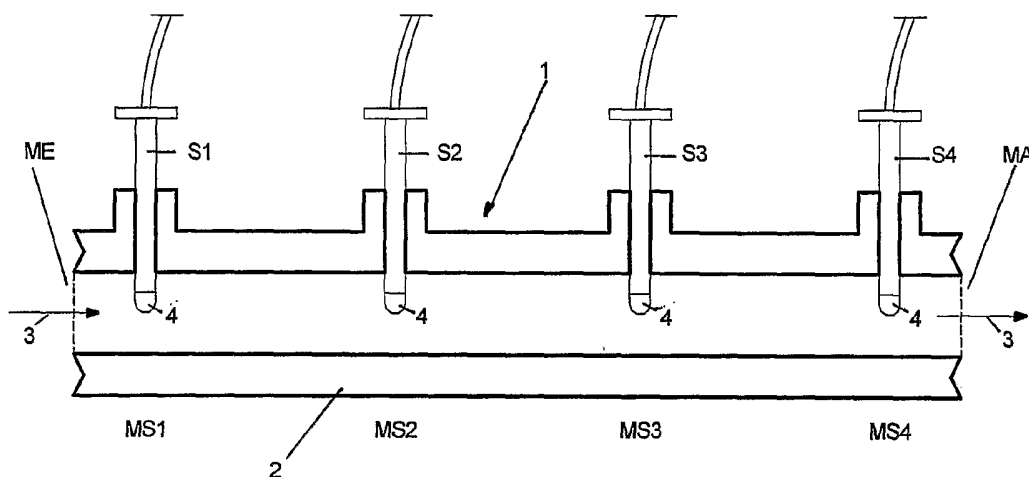
(74) Anwalt: **BABELUK, Michael**; Mariahilfer Gürtel 39/17,
A-1150 Wien (AT).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MEASUREMENT OF A CARRIER GAS

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR MESSUNG AN EIN TRÄGERGAS



(57) Abstract: The invention relates to a device and method for the measurement of at least one parameter from the group temperature, relative humidity and aerosol content of a carrier gas, in which a volatile fluid is contained. The invention is characterised in that the carrier gas, charged with the volatile fluid is introduced into a measuring path with at least three temperature sensors arranged serially in the direction of flow of the carrier gas, the temperature measured values of the individual temperature sensors are recorded and, from the temperature measured values of the individual temperature sensors and at least one characteristic curve (KF1, KF2, KF3), for the carrier gas, derived thermodynamically or by point measurements, at least one parameter, from the group temperature, relative humidity, and aerosol content of the carrier gas at the outlet end of the measuring run, is calculated.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Messung von zumindest einem Parameter aus der Gruppe Temperatur, relative Feuchte und Aerosolgehalt eines Trärgases, in welches eine verdampfbare Flüssigkeit eingebracht wird. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass das mit der verdampfbaren Flüssigkeit versetzte Trärgas

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/047802 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

einer Messtrecke mit zumindest drei in Strömungsrichtung des Trägergases hintereinander angeordneten Temperatursensoren zugeführt wird, dass die Temperaturmesswerte der einzelnen Temperatursensoren erfasst werden und dass aus den Temperaturmesswerten der einzelnen Temperatursensoren und zumindest einem thermodynamisch abgeleiteten oder durch Einmalmessungen bestimmten Kennfeld (KF1, KF2, KF3) des Trägergases zumindest ein Parameter aus der Gruppe Temperatur, relative Feuchte und Aerosolgehalt des Trägergases am austrittsseitigen Ende der Messstrecke berechnet wird.

VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR MESSUNG AN EIN TRÄGERGAS

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Messung von zumindest einem Parameter aus der Gruppe Temperatur, relative Feuchte und Aerosolgehalt eines Trägergases, in welches eine verdampfbare Flüssigkeit eingebracht wird.

Bei vielen technischen Anwendungen, bei welchen Trägergase befeuchtet werden, ist es erforderlich die aktuellen Zustandsgrößen des Gases, beispielsweise die aktuelle Temperatur der Gasphase, die relative Feuchte und/oder den Aerosolgehalt genau zu kennen, so dass entsprechende Messungen vorgenommen werden müssen. So soll beispielsweise die in einer Klimaanlage erzeugte Luft vorgegebene Werte für Temperatur und Feuchtigkeit aufweisen, wobei das Auftreten von Aerosolen (Nebel, Wassertröpfchen) vermieden werden soll.

Beispielsweise ist es für einen störungsfreien, stabilen Betrieb von Brennstoffzellen notwendig, die Zustandsgrößen der Betriebsmittel zu kennen, beispielsweise die Zustandsparameter der Kathodenseite von PEM-Brennstoffzellen zugeführten, befeuchteten und ggf. komprimierten Luft und/oder jene des der Anodenseite zugeführten Brenngases, wobei die Bestimmung der Parameter möglichst in Echtzeit erfolgen soll. Dabei ist das Auftreten von Aerosolen, Wassertröpfchen und Wandfilmen unerwünscht, so dass die Zustandsparameter der Luft bzw. des Brenngases vor dem Eintritt in die Brennstoffzelle laufend gemessen werden müssen, um rechtzeitig entsprechende Daten für die Steuerung des Systems ableiten zu können.

Im Gesamtsystem einer Brennstoffzelle treten eine Reihe physikalischer Phänomene auf, welche einer Messung nicht einfach zugänglich sind. Durch das Einbringen von Wasser in verdichtete, heiße Luft, kühlt diese ab und die relative Feuchte nimmt stark zu. Aerosole treten dann auf, wenn die zugemessene Wassermenge überdosiert wurde oder wenn das Temperatur/Verdampfungs-Gleichgewicht noch nicht erreicht wurde. Beim Auftreten von Aerosolen wird allerdings die Temperaturmessung verfälscht, so dass nur eine scheinbare Temperatur an Stelle der Temperatur des Trägergases gemessen wird. Durch ein "Beschießen" des Temperatursensors mit Aerosolteilchen, wird die Temperatur im Vergleich zur tatsächlichen Temperatur der Gasphase immer zu niedrig angezeigt, wobei als unteres Limit die Kühlgrenztemperatur GT anzusehen ist. In diesem übersät-

tigten Bereich sind auch herkömmliche Feuchtemessungen schwierig bis unmöglich, da die verwendeten Sensoren geflutet bzw. benetzt werden können.

Durch die angeführten Messprobleme können z.B. in Brennstoffzellensystemen folgende Probleme auftreten:

- Bei einer unvollständigen Verdampfung des Wassers im Kompressor ist die heiße Luft noch nicht mit Wasser gesättigt und das Verdampfungsgleichgewicht noch nicht erreicht. Der Rest des Wassers ist flüssig, was zu Aerosolen und Wandfilmen in den Zuleitungen sowie in der Brennstoffzelle selbst führen kann, wenn es auf dem Weg zur Brennstoffzelle nicht noch teilweise oder komplett verdampft.
- Bei einer Überdosierung von Wasser ist die gekühlte Luft schon mit Wasser gesättigt und das Verdampfungsgleichgewicht erreicht. Der Rest des Wassers ist flüssig und kann als Aerosol oder Wandfilm störend in den Zuleitungen sowie in der Brennstoffzelle selbst wirken.
- Die benötigte Messtechnik ist nicht verfügbar. Es existieren keine Feuchtesensoren für aerosolhaltige Gase und auch keine brauchbaren Temperatursensoren, da deren Messwerte – wie oben angeführt durch Aerosolbeschuss – stark verfälscht werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Messung von zumindest einem Parameter aus der Gruppe Temperatur, relative Feuchte und Aerosolgehalt eines Trägergases vorzuschlagen, welches möglichst einfach realisierbar ist und auch unter extremen Bedingungen wie einem übersättigten Trägergas brauchbare Aussagen über die Zustandsgrößen des Trägergases liefert.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das mit der verdampfbaren Flüssigkeit versetzte Trägergas einer Messstrecke mit zumindest drei in Strömungsrichtung des Trägergases hintereinander angeordneten Temperatursensoren zugeführt wird, dass die Temperaturmesswerte der einzelnen Temperatursensoren erfasst werden, sowie dass aus den Temperaturmesswerten der einzelnen Temperatursensoren und zumindest einem thermodynamisch abgeleiteten oder durch Einmalmessungen bestimmten Kennfeld KF1, KF2, KF3 des Trägergases zumindest ein Parameter aus der Gruppe Temperatur, relative Feuchte und Aerosolgehalt des Trägergases am austrittsseitigen Ende der Messstrecke berechnet wird.

Im einfachsten Fall, beispielsweise wenn nur die Temperatur des Trägergases am austrittsseitigen Ende der Messstrecke bestimmt werden soll, kann z.B. bereits

aus dem Verlauf der Temperaturmesswerte der einzelnen Temperatursensoren auf die austrittsseitige Temperatur geschlossen werden, nämlich dann, wenn zumindest die beiden letzten Temperaturmesswerte im Bereich der Messgenauigkeit die selben Messwerte anzeigen und der in Strömungsrichtung davor liegende Temperaturmesswert niedriger ist. Dann entspricht diese Temperatur auch der tatsächlichen Temperatur des Trägergases, da aufgrund des Temperaturverlaufs eine Sättigung des Trägergases mit der verdampfbaren Flüssigkeit ausgeschlossen werden kann (siehe Fig. 2).

Bei allen anderen Anwendungen, bei welchen die relative Feuchte und/oder das Vorhandensein von Aerosolen bestimmt werden soll, müssen neben den in der Messstrecke gewonnenen Temperaturmesswerten die Daten aus beispielsweise zumindest einem thermodynamisch abgeleiteten Kennfeld KF1, KF2, KF3 des Trägergases berücksichtigt werden.

Beispielsweise ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass im ersten Kennfeld KF1 Trocken-Temperaturwerte T_{theo}^* des Trägergases nach adiabatischer Verdichtung ohne Zusatz der verdampfbaren Flüssigkeit berechnet und abgespeichert werden. Die Daten dieses Kennfeldes können direkt thermodynamisch abgeleitet werden, wobei auf die aus der Thermodynamik bekannten Formeln zurückgegriffen werden kann:

KF1: Temperaturerhöhung ($\Delta T = T_2 - T_1$)

$$T_2/T_1 = (p_2/p_1)^{\exp[(\kappa-1)/\kappa]}$$

(der Isentropenexponent bzw. Adiabatenkoeffizient κ hat beispielsweise für Luft als Trägergas den Wert 1,4)

Im zweiten Kennfeld KF2 werden Nass-Temperaturwerte T_{theo} des Trägergases nach adiabatischer Verdichtung mit Zusatz der verdampfbaren Flüssigkeit und deren vollständigen Verdampfung, sowie im dritten Kennfeld KF3 Grenz-Temperaturwerte GT des Trägergases nach adiabatischer Verdichtung bei Sättigung mit der verdampfbaren Flüssigkeit berechnet. In vorteilhafter Weise können alle Kennfelder thermodynamisch berechnet werden, sodass in vielen Fällen keine Anpassung oder Kalibrierung im Hinblick auf die jeweilige System-Hardware erforderlich ist.

Insbesondere bei sehr kleinen Gasmengen, wo Abkühleffekte und Wärmeverluste berücksichtigt werden müssen, kann es von Vorteil sein, wenn die aus den Temperaturmesswerten und den thermodynamisch abgeleiteten Kennfeldern berechneten Parameter mit Hilfe eines Korrekturkennfeldes KF_{kor} korrigiert werden, welches die Wärmekapazität der Messstrecke, das Ansprechverhalten der Temperatursensoren, die Wärmeverluste der Messstrecke und die Wärmeverluste der

der Messstrecke vorgeschalteten Komponenten (z.B. jene eines Kompressors) berücksichtigt.

Es ist allerdings auch möglich, die Daten für die Kennfelder KF1, KF2, KF3 für eine konkrete Anwendung oder einen bestimmten Bauteil (beispielsweise für einen Kompressor oder eine Gruppe baugleicher Brennstoffzellen) durch eine Einmalmessung zu bestimmen, sodass dann im späteren Betrieb des Bauteils lediglich auf die Kennfelddaten und die Messwerte der einzelnen Temperatursensoren zurückgegriffen werden muss.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Temperatur und der Druck des Trägergases vor der Einbringung der verdampfbaren Flüssigkeit gemessen und bei der Berechnung der Kennfelder berücksichtigt wird.

Die verdampfbare Flüssigkeit kann in das Trägergas beispielsweise durch Einspritzen eingebracht werden. Es ist allerdings auch möglich, das Trägergas durch Überstreichen einer Flüssigkeitsoberfläche oder eines mit der Flüssigkeit gesättigten, porösen Körpers zu befeuchten. Weiters ist es möglich, dass die Flüssigkeit durch permeativen oder pervaporativen Transport durch eine Membran dem Trägergas zugesetzt wird.

Im Zusammenhang mit PEM-Brennstoffzellen ist das Trägergas kathodenseitig ein gasförmiges Oxidationsmittel oder ein ein gasförmiges Oxidationsmittel enthaltendes Gas, vorzugsweise verdichtete oder unverdichtete Luft oder mit Sauerstoff angereicherte Luft, und anodenseitig ein Brenngas, vorzugsweise Wasserstoff oder ein wasserstoffhaltiges Gas. Beide Gasströme müssen befeuchtet werden, sodass Wasser als verdampfbare Flüssigkeit zugeführt wird.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung kann eine weitere Temperaturmessung des Trägergases vor dessen Kompression und gegebenenfalls eine Temperaturmessung des Wassers vor dessen Einbringung durchgeführt werden.

Erfindungsgemäß erfolgen die einzelnen Temperaturmessungen in der Messstrecke im Wesentlichen gleichzeitig, so dass eine unmittelbare und gleichzeitige Berechnung der gewünschten Zustandsgrößen möglich ist.

Beispielsweise können zur gleichzeitigen Bestimmung der Parameter Temperatur, relative Feuchte und Aerosolgehalt des Trägergases zumindest drei Temperatursensoren in der Messstrecke eingesetzt, deren Temperaturmesswerte erfasst und die gewünschten Parameter auf der Basis zumindest zweier Kennfelder KF1, KF2, KF3 berechnet werden. Für eine gültige Temperaturmessung können beispielsweise ausgangsseitig der Messstrecke zwei von z.B. drei Sensoren die gleiche Temperatur zeigen, und der dritte, voran liegende Sensor eine niedrigere

Temperatur ausweisen. Daraus folgt, dass ausgangsseitig der Messstrecke keine Aerosole vorliegen und die Temperaturmessung gültig ist. Aus der gültigen Temperaturmessung kann z.B. mit Hilfe der thermodynamisch abgeleiteten Kennfelder KF1 und KF2 die Feuchte richtig berechnet werden. Bei in Strömungsrichtung ansteigender Temperatur kann zudem auf ein Vorliegen von Aerosolen eingangsseitig der Messstrecke geschlossen werden.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Messung von zumindest einem Parameter aus der Gruppe Temperatur, relative Feuchte und Aerosolgehalt eines Trägergases, in welches eine verdampfbare Flüssigkeit einbringbar ist, zeichnet sich dadurch aus, dass in einem vom Trägergas durchströmten Messrohr zumindest drei in Strömungsrichtung des Trägergases hintereinander angeordnete Temperatursensoren angeordnet sind, welche mit einer Auswerteeinrichtung in Verbindung stehen, wobei die Auswerteeinrichtung eine Speichereinheit zur Ablage von thermodynamisch abgeleiteten oder durch Einmalmessungen bestimmten Kennfeldern KF1, KF2, KF3 sowie ggf. eines Korrekturkennfeldes KF_{korr} aufweist.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von schematischen Zeichnungen und Diagrammen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Messung von Zustandsparametern eines Trägergases in einer Schnittdarstellung;
- Fig. 2 ein Diagramm mit dem Temperaturverlauf in °C an den einzelnen Messstellen der Messvorrichtung gemäß Fig. 1 für unterschiedliche Mengen an eingespritztem Wasser;
- Fig. 3 den Temperaturverlauf in °C an mehreren Messstellen in Abhängigkeit der eingespritzten Wassermenge in g/s; sowie
- Fig. 4 die erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß Fig. 1 im Zusammenhang mit einer PEM-Brennstoffzelle.

Um einen Wärmeverlust nach außen bzw. einen Temperatureinfluss von außen zu vermeiden – was vor allem bei kleinen Durchflüssen von Bedeutung ist – kann das Messrohr eine thermische Isolierung aufweisen.

Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung 1 zur Messung zumindest eines Parameters in einem Trägergas weist ein vom Trägergas durchströmtes Messrohr 2 auf, in welchem beispielsweise vier in Strömungsrichtung (Pfeile 3) des Trägergases hintereinander angeordnete Temperatursensoren S1 bis S4 an entsprechenden Messstellen MS1 bis MS4 vorgesehen sind. Zur Verbesserung der Aussagekraft der Messanordnung können auch mehr als vier Sensoren verwendet werden. Die

Eingangsseite des Messrohres 2 ist mit ME, die Ausgangsseite mit MA gekennzeichnet. Die Messspitzen 4 der Temperatursensoren ragen in das Innere des Messrohres 2 und geben ihre Messsignale an eine hier nicht weiter dargestellte Auswerteeinrichtung ab.

Die sich an den Messstellen MS1 bis MS4 ergebenden Messwerte der Sensoren S1 bis S4 sind in Fig. 2 dargestellt, wobei durch die Buchstaben A bis K gekennzeichnete Messverläufe für elf unterschiedliche Wassermengen dargestellt sind. Die Berechnung der Austrittstemperatur, der relativen Feuchte und des Aerosolgehaltes des Trägergases erfolgt auf der Basis der Kennfelder KF1, KF2 und KF3 und ggf. unter Berücksichtigung des Korrekturkennfeldes K_{kor} . Im Unterschied zum dargestellten Beispiel kann man bei kleinen Gasmengen bzw. kleinen Massenströmen - durch Temperaturverluste im Messsystem - auch in Strömungsrichtung fallende Temperaturmesswerte beobachten.

"A" (Dosierung von "null" Wasser)

- Temperaturen:
 - alle vier Temperaturen an den Messstellen MS1 bis MS2 sind gleich
 - Temperaturniveau ist maximal
 - Temperatur entspricht in etwa der berechneten Temperatur (T_{theo}^*) nach adiabatischer Verdichtung
- Wasserzustand:
 - kein Wasser dosiert

"B" (Dosierung von etwas Wasser)

- Temperaturen:
 - alle vier Temperaturen sind gleich
 - Temperaturniveau ist abgesenkt
 - Temperatur entspricht berechneter Temperatur (T_{theo}) nach adiabatischer Verdichtung und nach vollständiger Verdampfung des dosierten Wassers
- Wasserzustand:
 - dosiertes Wasser ist vollständig verdampft

"C" (Dosierung von etwas mehr Wasser als bei "B")

- Verhalten wie bei "B"
- Temperaturen:
 - alle vier Temperaturen sind gleich
 - Temperaturniveau ist weiter abgesenkt
 - Temperatur entspricht T_{theo}
- Wasserzustand:
 - dosiertes Wasser ist vollständig verdampft

"D" (Dosierung von etwas mehr Wasser als bei "C")

- Temperaturen:
 - Temperaturniveau ist weiter abgesenkt

- Temperatur MS1 beginnt abzufallen => Kühlung durch Aerosol-be-schuss !
- die anderen drei Temperaturen MS2 bis MS4 sind gleich
- Temperatur bei MS2 bis MS4 entspricht T_{theo}
- Wasserzustand:
 - dosiertes Wasser ist bei MS1 noch nicht vollständig verdampft
 - dosiertes Wasser ist bei MS2 bis MS4 vollständig verdampft (nach-verdampft)

"E" (Dosierung von etwas mehr Wasser als bei "D")

- Verhalten wie bei "D"
- Temperaturen:
 - Temperaturniveau ist weiter abgesenkt
 - Temperatur MS1 fällt stärker ab
 - die anderen drei Temperaturen MS2 bis MS4 sind noch gleich
 - Temperatur bei MS2 bis MS4 entspricht T_{theo}
- Wasserzustand:
 - dosiertes Wasser ist bei MS1 nicht vollständig verdampft
 - dosiertes Wasser ist bei MS2 bis MS4 vollständig verdampft (nach-verdampft)

"F" (Dosierung von etwas mehr Wasser als bei "E")

- Temperaturen:
 - Temperaturniveau ist weiter abgesenkt
 - Temperatur bei MS1 fällt auf die Kühlgrenztemperatur GT ab (Mini-mum wird erreicht)
 - die anderen drei Temperaturen MS2 bis MS4 sind noch gleich
 - Temperatur bei MS2 bis MS4 entspricht T_{theo}
- Wasserzustand:
 - dosiertes Wasser ist bei MS1 nicht vollständig verdampft
 - dosiertes Wasser ist bei MS2 bis MS4 vollständig verdampft (nach-verdampft)

"G" (Dosierung von etwas mehr Wasser als bei "F")

- Temperaturen:
 - Temperaturniveau ist weiter abgesenkt, außer bei MS1
 - MS1 bleibt bei GT
 - Temperatur MS2 beginnt auch abzufallen
 - die anderen zwei Temperaturen MS3 und MS4 sind noch gleich
 - Temperatur bei MS2 und MS4 entspricht T_{theo}
- Wasserzustand:
 - dosiertes Wasser ist bei MS1 und MS2 nicht vollständig verdampft
 - dosiertes Wasser ist bei MS3 und MS4 vollständig verdampft (nach-verdampft)

"H" (Dosierung von etwas mehr Wasser als bei "G")

- Temperaturen:
 - Temperaturniveau ist weiter abgesenkt, ausser bei MS1
 - MS1 bleibt bei GT
 - Temperatur MS2 fällt noch stärker ab

- Temperatur MS3 beginnt auch abzufallen
- nur Temperatur bei MS4 entspricht noch T_{theo}
- Wasserzustand:
 - dosiertes Wasser ist bei MS1 bis MS3 nicht vollständig verdampft
 - dosiertes Wasser ist nur bei MS4 noch vollständig verdampft (nachverdampft)

"I" (Dosierung von etwas mehr Wasser als bei "H")

- Temperaturen:
 - Temperaturniveau ist weiter abgesenkt, außer bei MS1
 - MS1 bleibt bei GT
 - Temperatur MS2 fällt auch auf GT ab
 - Temperatur MS3 fällt stärker ab
 - Temperatur bei MS4 ist noch "stabil" und entspricht T_{theo}
- Wasserzustand:
 - dosiertes Wasser ist bei MS1 bis MS3 nicht vollständig verdampft
 - dosiertes Wasser ist nur bei MS4 noch vollständig verdampft (nachverdampft)

"J" (Dosierung von etwas mehr Wasser als bei "I")

- Temperaturen:
 - Temperaturniveau ist weiter abgesenkt, ausser bei MS1 und MS2
 - MS1 und MS2 bleiben bei GT
 - Temperatur MS3 fällt auf GT ab
 - Temperatur MS4 beginnt auch "abzusinken" und entspricht nicht mehr T_{theo}
- Wasserzustand:
 - dosiertes Wasser ist überall (bei MS1 bis MS4) nicht mehr vollständig verdampft

"K" (Dosierung von etwas mehr Wasser als bei "J")

- Temperaturen:
 - Temperaturniveau ist weiter abgesenkt, außer bei MS1 bis MS3
 - alle Temperaturen erreichen GT
- Wasserzustand
 - dosiertes Wasser ist überall (bei MS1 bis MS4) nicht mehr vollständig verdampft

Im Folgenden sind Beispiele für die Auswertung des Temperaturverlaufs unter Berücksichtigung der "typischen Temperaturverläufe" und der Kennfelder KF1 bis KF3 angeführt:

- Temperaturmessung:

Bei mindestens zwei gleichen Temperaturmesswerten im austrittsseitigen Bereich des Messrohrs 2, z.B. an den Messstellen MS3 und MS4, wird mit diesen die reale Temperatur der Gasphase des Trägergases gemessen, wenn nicht bereits überall die Kühlgrenztemperatur GT erreicht wurde. Zur Identifikation der GT wird das Kennfeld KF3 verwendet.

Wenn die austrittsseitigen Temperaturen noch höher sind als die in Strömungsrichtung voran liegenden, wurde die Kühlgrenztemperatur GT offensichtlich noch nicht erreicht.

- Feuchtemessung:

Aus der Gasphasen-Temperatur wird die Feuchte abgeleitet. Dabei wird aus der Differenz zwischen der "adiabatischen Temperatur" (Temperatur nach Kompression ohne Wasserzugabe) und der gemessenen "Nass-Temperatur" (Temperatur nach Kompression mit Wasserzugabe) die verdampfte Wassermenge abgeleitet und in die absolute oder relative Gasfeuchte umgerechnet. Verwendet werden dabei die Kennfelder KF1 und KF2. Die Ableitung ist dann gültig, wenn nicht bereits an allen Messstellen Aerosole auftreten, also mindestens zwei der ausgangsseitigen Messstellen gleiche Temperaturmesswerte zeigen und die davor liegende Messstelle eine niedrigere Temperatur anzeigt.

- Aerosol-Nachweis:

Aus dem Temperaturverlauf an den Messstellen kann auf das Vorhandensein von Aerosolen sowie den Ort des Auftretens geschlossen werden. Wenn der Temperaturverlauf nicht mehr konstant ist (sondern über die Messstrecke ansteigend), dann sind Aerosole vorhanden. Diese Aussage ist nur gültig, wenn nicht bereits überall die Kühlgrenztemperatur GT erreicht wurde. Zur Identifikation der GT kann das Kennfeld KF3 verwendet werden.

- Wandfilm-Nachweis:

Der Nachweis von Wandfilmen ist zumindest empirisch ebenfalls möglich, da bei Erreichen der Kühlgrenztemperatur GT bei allen Messstellen üblicherweise im eintrittsseitigen Bereich ein Wandfilm vorliegt. Der Ort des Auftretens und die Art des Wandfilms sind allerdings von den verwendeten Komponenten und deren Geometrie abhängig.

Fig. 3 zeigt die Temperaturmesswerte T in $^{\circ}\text{C}$ für die Messstellen MS1 bis MS4 in Abhängigkeit der zugemessenen Wassermenge in g/s , wobei ein Luftmassenstrom von 75g/s und eine Wassertemperatur von 62°C gewählt wurde. Beim Überschreiten von ca. $1,35\text{ g/s H}_2\text{O}$ ist die Ausbildung von Aerosolen, bei der Überschreiten von ca. $2,0\text{ g/s H}_2\text{O}$ ist die Ausbildung von Wandfilmen erkennbar, was durch separate optische Messungen verifiziert wurde.

In der schematischen Abbildung gemäß Fig. 4 ist dem kathodenseitigen Eingang einer Brennstoffzelle 5 eine erfindungsgemäße Messvorrichtung 1 mit einem

Messrohr 2 mit beispielsweise fünf Temperatursensoren S1 bis S5 vorgeschaltet. Wie strichliert dargestellt, kann zur Befeuchtung des Brenngases (H_2) auch dem anodenseitigen Eingang der Brennstoffzelle 5 eine entsprechende Messvorrichtung 1 mit Messrohr 2 vorgeschaltet sein. Die Temperatursensoren im Messrohr 2 sind äquidistant angeordnet und können auch in Form eines Messgitters angebracht sein, welches den Messrohrquerschnitt abdeckt, um die Temperaturmessung über den Messrohrquerschnitt zu mitteln. Die Temperatursensoren S1 bis S5 stehen mit einer Auswerteeinrichtung 6 in Verbindung, welche eine Speichereinheit 7 zur Ablage der thermodynamisch abgeleiteten Kennfelder KF1, KF2, KF3 sowie ggf. eines Korrekturkennfeldes KF_{korrr} aufweist.

Eine weitere Temperaturmessung T_L des Trärgases kann vor dem Eintritt in den dem Messrohr 2 vorgeschalteten Kompressor 8 erfolgen. Weiters ist es möglich auch die Eintrittstemperatur T_w des zugemessenen Wassers zu messen, welches vor dem, in den oder nach dem Kompressor 8 zugeführt wird. Die Temperaturen T_L und T_w können bei der Erstellung der Kennfelder berücksichtigt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung sind nicht nur bei Brennstoffzellen anwendbar, sondern überall wo Trärgase befeuchtet werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Messung von zumindest einem Parameter aus der Gruppe Temperatur, relative Feuchte und Aerosolgehalt eines Trägergases, in welches eine verdampfbare Flüssigkeit eingebracht wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das mit der verdampfbaren Flüssigkeit versetzte Trägergas einer Messstrecke mit zumindest drei in Strömungsrichtung des Trägergases hintereinander angeordneten Temperatursensoren zugeführt wird, dass die Temperaturmesswerte der einzelnen Temperatursensoren erfasst werden und dass aus den Temperaturmesswerten der einzelnen Temperatursensoren und zumindest einem thermodynamisch abgeleiteten oder durch Einmalmessungen bestimmten Kennfeld (KF1, KF2, KF3) des Trägergases zumindest ein Parameter aus der Gruppe Temperatur, relative Feuchte und Aerosolgehalt des Trägergases am austrittsseitigen Ende der Messstrecke berechnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass im ersten Kennfeld (KF1) Trocken-Temperaturwerte des Trägergases nach adiabat-scher Verdichtung ohne Zusatz der verdampfbaren Flüssigkeit, im zweiten Kennfeld (KF2) Nass-Temperaturwerte des Trägergases nach adiabat-scher Verdichtung mit Zusatz der verdampfbaren Flüssigkeit und deren vollständigen Verdampfung, sowie im dritten Kennfeld (KF3) Grenz-Temperaturwerte des Trägergases nach adiabat-scher Verdichtung bei Sättigung mit der verdampfbaren Flüssigkeit berechnet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die aus den Temperaturmesswerten und den thermodynamisch abgeleiteten Kennfeldern berechneten Parameter mit Hilfe eines Korrekturkennfeldes (KF_{kor}) korrigiert werden, welches die Wärmekapazität des Messstrecke, das Ansprechverhalten der Temperatursensoren, die Wärmeverluste der Messstrecke und die Wärmeverluste der der Messstrecke vorgeschalteten Komponenten berücksichtigt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur und der Druck des Trägergases vor der Einbringung der verdampfbaren Flüssigkeit gemessen und bei der Berechnung der Kennfelder berücksichtigt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die verdampfbare Flüssigkeit durch Einspritzen der Flüssigkeit in das Trägergas, durch Überstreichen einer Flüssigkeitsoberfläche oder eines mit

der Flüssigkeit gesättigten Körpers oder durch permeativen oder pervaporativen Transport der Flüssigkeit durch eine Membran zugesetzt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Trägergas ein Brenngas für eine Brennstoffzelle, vorzugsweise Wasserstoff oder ein wasserstoffhaltiges Gas, verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Trägergas ein gasförmiges Oxidationsmittel oder ein ein gasförmiges Oxidationsmittel enthaltendes Gas, vorzugsweise Luft oder mit Sauerstoff angereicherte Luft, verwendet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägergas verdichtet oder unverdichtet der Messstrecke zugeführt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass als verdampfbare Flüssigkeit Wasser verwendet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine weitere Temperaturmessung des Trägergases vor dessen Kompression und ggf. eine Temperaturmessung des Wassers vor dessen Einbringung durchgeführt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur gleichzeitigen Bestimmung der Parameter Temperatur, relative Feuchte und Aerosolgehalt des Trägergases zumindest drei Temperatursensoren in der Messstrecke eingesetzt, deren Temperaturmesswerte erfasst und die gewünschten Parameter auf der Basis zumindest zweier Kennfelder (KF1, KF2, KF3) berechnet werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einzelnen Temperaturmessungen in der Messstrecke im Wesentlichen gleichzeitig erfolgen.
13. Vorrichtung (1) zur Messung von zumindest einem Parameter aus der Gruppe Temperatur, relative Feuchte und Aerosolgehalt eines Trägergases, in welches eine verdampfbare Flüssigkeit einbringbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem vom Trägergas durchströmten Messrohr (2) zumindest drei in Strömungsrichtung (3) des Trägergases hintereinander angeordnete Temperatursensoren (S1, S2, S3, S4, S5) angeordnet sind, welche mit einer Auswerteeinrichtung (6) in Verbindung stehen, wobei die Auswerteeinrichtung (6) eine Speichereinheit (7) zur Ablage von thermody-

namisch abgeleiteten oder durch Einmalmessungen bestimmten Kennfeldern (KF1, KF2, KF3) aufweist.

14. Vorrichtung (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteeinrichtung (6) eine Speichereinheit (7) zur Ablage eines Korrekturkennfeldes (KF_{kor}) aufweist.
15. Vorrichtung (1) nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatursensoren (S1, S2, S3, S4, S5) im Messrohr (2) äquidistant angeordnet sind.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einzelnen Temperatursensoren (S1, S2, S3, S4, S5) in Form eines Messgitters angeordnet sind, welches den Messrohrquerschnitt abdeckt.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass Messrohre (2) mit Temperatursensoren (S1, S2, S3, S4, S5) dem kathodenseitigen Eingang und/oder dem anodenseitigen Eingang einer Brennstoffzelle (5) vorgeschaltet sind.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messrohr (2) eine thermische Isolierung aufweist.

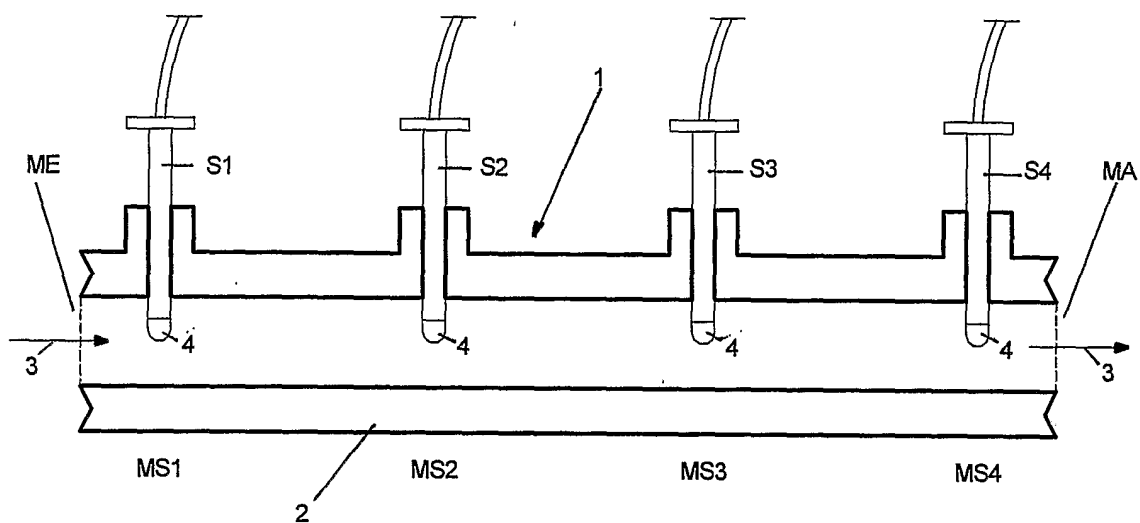


Fig. 1

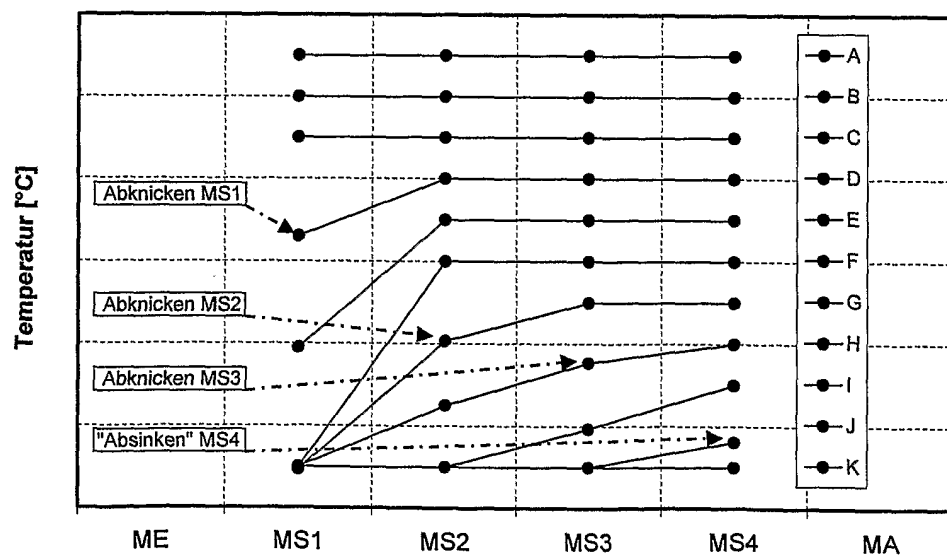


Fig. 2

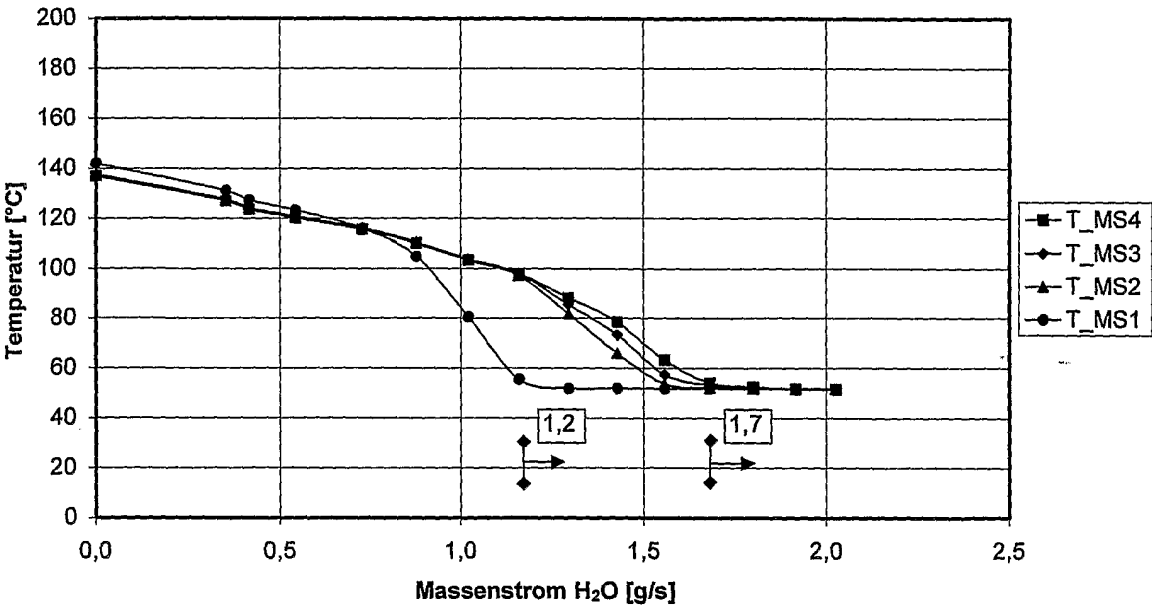


Fig. 3

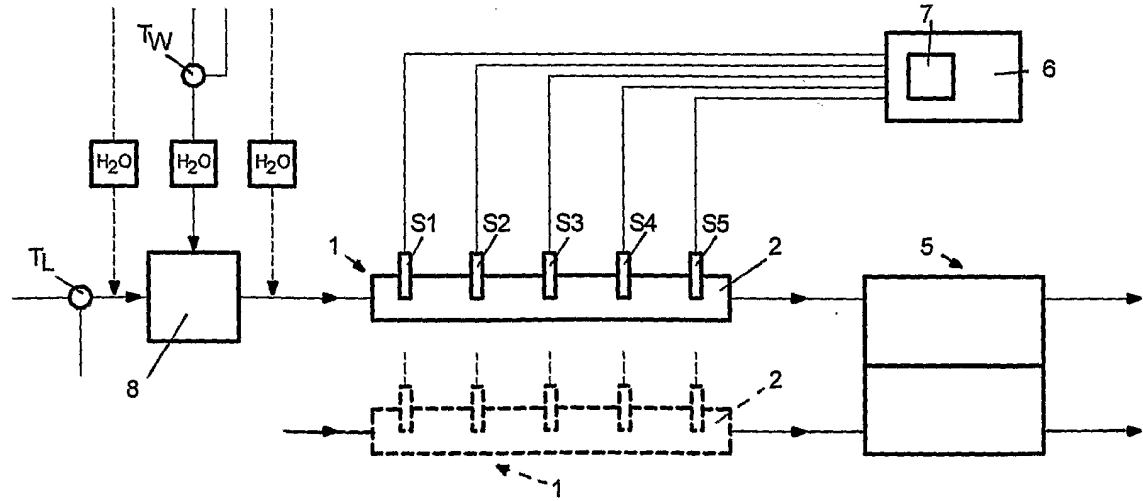


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/AT2005/000436A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01K13/02

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01K HO1M

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

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

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2002/110714 A1 (ANDREWS CRAIG ET AL) 15 August 2002 (2002-08-15) paragraphs [0013], [0039] - [0041] figure 1 -----	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 March 2006

Date of mailing of the international search report

06/04/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

de Bakker, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/AT2005/000436

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002110714 A1	15-08-2002	US 6383671 B1	07-05-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2005/000436

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01K13/02

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01K H01M

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

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

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2002/110714 A1 (ANDREWS CRAIG ET AL) 15. August 2002 (2002-08-15) Absätze [0013], [0039] - [0041] Abbildung 1 -----	1-18

☐

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

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

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

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

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

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

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. März 2006

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/04/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

de Bakker, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2005/000436

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002110714 A1	15-08-2002	US 6383671 B1	07-05-2002