



⑫ **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

②① Anmeldenummer: **93201715.5**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>: **B03C 3/68**

②② Anmeldetag: **15.06.93**

③③ Priorität: **24.06.92 DE 4220658**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**29.12.93 Patentblatt 93/52**

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
**AT CH DE FR GB LI SE**

⑦① Anmelder: **METALLGESELLSCHAFT AG**  
**Postfach 10 15 01,**  
**Reuterweg 14**  
**D-60015 Frankfurt(DE)**

⑦② Erfinder: **Schummer, Helmut**  
**Gustav-Adolf-Strasse 27**  
**D-6056 Heusenstamm(DE)**  
Erfinder: **Böcker, Heinrich**  
**Rullenweg 2**  
**D-4420 Coesfeld(DE)**  
Erfinder: **Hundertmark, Ralph**  
**Schillerstrasse 6**  
**D-8752 Waldaschaff(DE)**

⑤④ Verfahren zum Führen der Spannung  $U_F$  eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze.

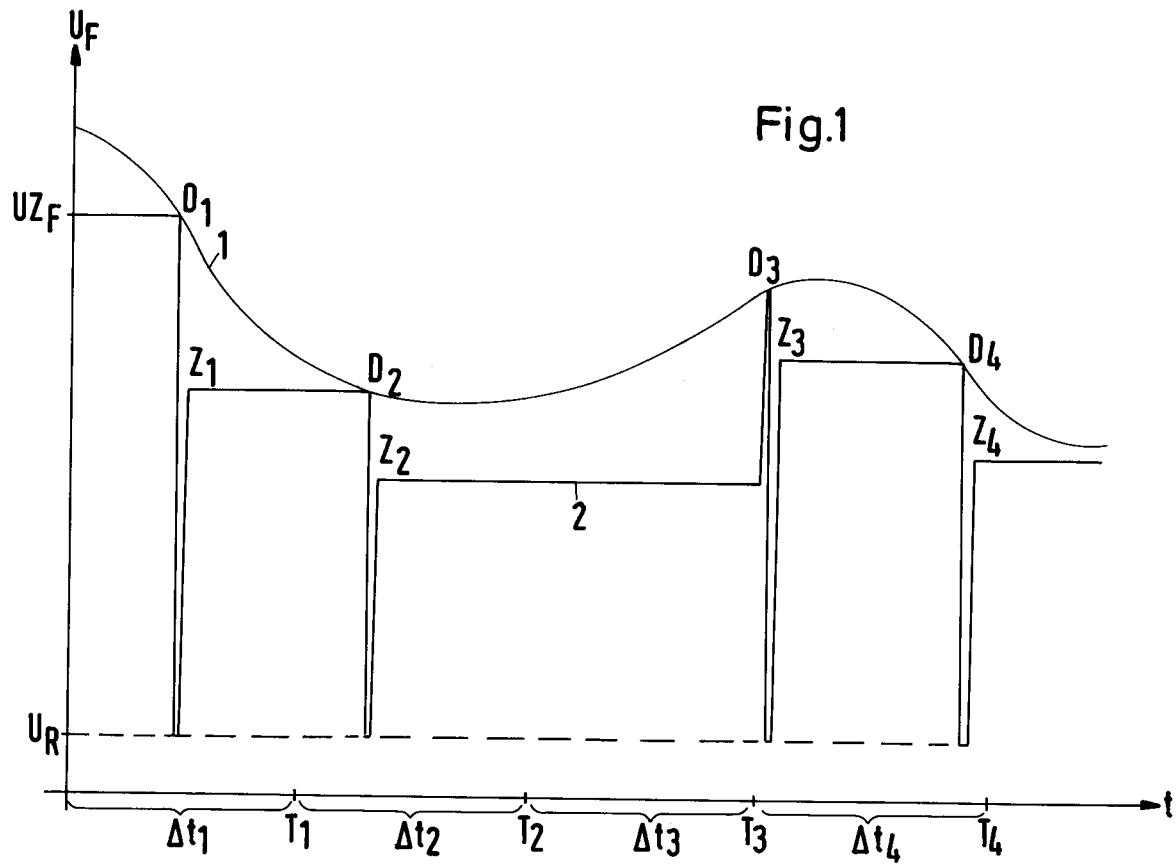
⑤⑦ Verfahren zum Führen der Spannung  $U_F$  eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze.  
Bei diesem Verfahren wird ausgehend von einer optimalen Anzahl von Druckschlägen pro Zeiteinheit  $D_{sn}$  und einer eingestellten Zielspannung  $U_{ZF}$  eine anschließende Betriebszeit  $t_B$  ermittelt, die in  $n$  Zeitintervalle  $\Delta t_i$  aufgeteilt wird, wobei gilt:

$$D_{sn} = \frac{D}{t_B} \quad , \quad \Delta t_1 = \frac{t_B}{D} = \frac{1}{D_{sn}} \quad ,$$

$$\Delta t_{i+1} = \Delta t_i \iff D_i^* = 1 \vee D_i^* = 0$$

$$\vee \quad \Delta t_{i+1} = \frac{t_B - \sum_{j=1}^i \Delta t_j}{D - \sum_{j=1}^i D_j^*} \iff D_i^* > 1$$

Die Spannung  $U_F$  wird unmittelbar nach Ablauf des jeweiligen Zeitintervalls  $\Delta t_i$  bis zur Durchschlagsgrenze erhöht, wenn gilt:  $D_i^* = 0$ .



Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Führen der Spannung  $U_F$  eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze.

Verfahren zur Optimierung der Abscheidung von Schadstoffen in elektrostatischen Abscheidern sind bekannt. In der deutschen Patentanmeldung P 4111673.9 wird ein Verfahren zur Bestimmung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $Ds_n$  in einem elektrostatischen Abscheider beschrieben. Bei diesem Verfahren wird in  $n$  aufeinanderfolgenden Schritten jeweils eine bestimmte Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $Ds_i$  vorgegeben und die sich einstellende Spannung  $U_i$  ermittelt, wobei die einzelnen Werte der Durchschlagsspannung  $U_{iD}$  als Funktion der Zeit  $t$  bestimmt werden. Für  $i = 1$  bis  $n$  werden die Werte

$$Fakt_i = \int_{t_{i-1}}^{t_i} U_i(t) \cdot dt, \quad Fmax_i = \int_{t_{i-1}}^{t_i} U_{iD}(t) \cdot dt$$

und

$$Vh_i = \frac{Fakt_i}{Fmax_i}$$

ermittelt, und die Werte  $Vh_i$  jeweils zweier aufeinanderfolgender Schritte werden miteinander verglichen, wobei dieser Vergleich zur Wahl der Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit in den darauffolgenden Schritten herangezogen wird.

In der deutschen Patentanmeldung P 4142501.4 wird ein Verfahren zur Einstellung der Zielspannung  $UZ_F$  nach einem Durchschlag in einem elektrostatischen Abscheider beschrieben, bei dem die Filterspannung  $U_F$  durch Vorgabe mehrerer Zündwinkel  $\alpha_{ij}$  bis zur jeweiligen Durchschlagsspannung  $U_{jD}$  stufenweise erhöht wird. Die jeweiligen Maximalwerte  $U_{ij}$  der Filterspannung  $U_{Fj}$  der einzelnen Stufen  $i$  werden in den einzelnen Stufen  $i$  ermittelt und die jeweilige Funktion  $U_{ij} = f(\alpha_{ij})$  bestimmt, die zur Bestimmung weiterer Zündwinkel  $\alpha_{ij}$  eingesetzt wird. Nach den einzelnen Durchschlägen wird die Filterspannung  $U_{Fj}$  auf 70 bis 85% der Zielspannung  $UZ_{Fj}$  stufenweise durch eine Steuerung erhöht. Anschließend wird die Filterspannung  $U_{Fj}$  durch eine Regelung weiter erhöht, bis gilt:  $U_{Fj} = UZ_F$ .

In der EP-PS 0030657 wird ein Verfahren zum selbsttätigen Führen der Spannung eines Elektrofilters an der Durchschlagsgrenze durch zeitabhängige Steigerung der Filterspannung bis zum Durchschlag und anschließende durchschlagsabhängige Absenkung beschrieben. Bei diesem Verfahren ist es vorgesehen, die Durchschlagsgrenze laufend zeitabhängig abzutasten, wobei möglichst nahe an der Durchschlagsgrenze gefahren wird und gleichzeitig die Zahl der zum Fahren an dieser Grenze erforderlichen Durchschläge in vorbestimmten Grenzen gehalten wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Führen der Spannung  $U_F$  eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze zu schaffen, bei dem die Durchschlagsgrenze unter Berücksichtigung des Verlaufs der Durchschlagsspannungskurve prozeßabhängig abgetastet wird.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Führen der Spannung  $U_F$  eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze gelöst, bei dem die Zielspannung  $UZ_F$  nach einem Durchschlag eingestellt wird und eine anschließende Betriebszeit  $t_B$  aus der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $Ds_n$  ermittelt wird, wobei mit der optimalen Anzahl der Durchschläge  $D$  gilt:

$$Ds_n = \frac{D}{t_B}$$

und bei dem die anschließende Betriebszeit  $t_B$  in  $n$  Zeitintervalle  $\Delta t_i$  aufgeteilt wird, wobei mit der Anzahl von realisierten Durchschlägen  $D^*_i$  im jeweiligen Zeitintervall  $\Delta t_i$  und  $i = 1$  bis  $n$  gilt:

$$\Delta t_1 = \frac{t_B}{D} = \frac{1}{Ds_n}, \quad ,$$

$$\Delta t_{i+1} = \Delta t_i \iff D_i^* = 1 \vee D_i^* = 0$$

$$\vee \quad \Delta t_{i+1} = \frac{t_B - \sum_{j=1}^i \Delta t_j}{D - \sum_{j=1}^i D_j^*} \iff D_i^* > 1$$

und bei dem die Spannung  $U_F$  unmittelbar nach Ablauf der Zeit  $T_i$  des jeweiligen Zeitintervalls  $\Delta t_i$  bis zur Durchschlagsgrenze erhöht wird, wenn gilt:  $D_i^* = 0$ , wobei das Verfahren vor Ablauf der sich anschließenden Betriebszeit  $t_B$  abgebrochen und ausgehend von einer erneut ermittelten Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $Ds_n$  erneut in entsprechender Weise gestartet wird, sofern und sobald die optimale Anzahl der Durchschläge  $D$  vor Beginn des Zeitintervalls  $\Delta t_n$  realisiert wurde oder vor Ablauf des Zeitintervalls  $\Delta t_n$  durch realisierte Durchschläge überschritten wurde.

Als elektrostatische Abscheider können trocken und naß arbeitende Elektrofilter eingesetzt werden. Nach einem Durchschlag fällt die Spannung des elektrostatischen Abscheiders auf einen unteren Grenzwert, der Restspannung  $U_R$ , ab. Unter der Zielspannung  $UZ_F$  ist diejenige Spannung zu verstehen, die anschließend, ausgehend von der Restspannung  $U_R$  im elektrostatischen Abscheider eingestellt wird. Die Zielspannung  $UZ_F$  beträgt in der Regel 80 bis 99% der Durchschlagsspannung des unmittelbar vorangehenden Durchschlags. Die Zielspannung  $UZ_F$  kann vom Fachmann aufgrund seiner Erfahrung festgelegt, oder nach dem Verfahren zur Einstellung der Zielspannung  $UZ_F$  ermittelt werden, das in der deutschen Patentanmeldung P 4142501.4 beschrieben wird. Unter der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $Ds_n$  ist diejenige Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit zu verstehen, bei deren Vorgabe der Wirkungsgrad des elektrostatischen Abscheiders am größten ist. Die optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $Ds_n$  wird beispielsweise mit dem Verfahren zur Bestimmung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $Ds_n$  ermittelt, das in der deutschen Patentanmeldung P 4111673.9 beschrieben wird. Unter dem Zeitintervall  $\Delta t_n$  ist dasjenige Zeitintervall zu verstehen, mit dessen Ablauf die sich anschließende Betriebszeit  $t_B$  endet.

Es hat sich in überraschender Weise gezeigt, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein prozeßabhängiges Abtasten der Durchschlagsgrenze erfolgen kann, so daß Schwankungen im Abgas hinsichtlich Temperatur und Konzentration der Schadstoffe berücksichtigt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung (Fig. 1 bis 6) näher erläutert.

Fig. 1 zeigt die Durchschlagsspannung und die Spannung  $U_F$  des elektrostatischen Abscheiders als Funktionen der Zeit  $t$ .

Fig. 2 zeigt eine fallende Durchschlagsspannung und die Spannung  $U_F$  des elektrostatischen Abscheiders als Funktion der Zeit  $t$ .

Fig. 3 zeigt eine vereinfachte Darstellung von Fig. 1.

Fig. 4 zeigt den Verlauf der Durchschlagsspannungskurve und die Spannung  $U_F$  des elektrostatischen Abscheiders als Funktion der Zeit  $t$  gemäß Beispiel 1.

Fig. 5 zeigt den Verlauf der Durchschlagsspannungskurve und die Spannung  $U_F$  des elektrostatischen Abscheiders als Funktion der Zeit  $t$  gemäß Beispiel 2.

Fig. 6 zeigt den Verlauf der Durchschlagsspannungskurve und die Spannung  $U_F$  des elektrostatischen Abscheiders als Funktion der Zeit  $t$  gemäß Beispiel 3.

In Fig. 1 ist die Durchschlagsspannung als Funktion der Zeit  $t$  in Form der Durchschlagsspannungskurve (1) und die Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders als Funktionen der Zeit  $t$  dargestellt. Ausgehend von einer eingestellten Zielspannung  $UZ_F$  nach einem Durchschlag in einem elektrostatischen

Abscheider wird eine anschließende Betriebszeit  $t_B$  aus einer vorher bestimmten optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $D_{s_n}$  ermittelt, wobei die anschließende Betriebszeit  $t_B$  in  $n$  Zeitintervalle  $\Delta t_i$  aufgeteilt wird. Dabei wird angestrebt, daß sich in jedem Zeitintervall  $\Delta t_i$  ein Durchschlag einstellt. Die Zielspannung  $U_{Z_F}$  wird so lange aufrechterhalten, bis es zu einem ersten Durchschlag  $D_1$  kommt, wie es in Fig. 1 dargestellt ist. Danach sinkt die Spannung  $U_F$  schlagartig auf eine Restspannung  $U_R$  ab. Nach einer Entionisierungszeit des Abgases wird die Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders auf eine erneut ermittelte Zielspannung  $Z_1$  erhöht und auf der Zielspannung  $Z_1$  gehalten, bis sich ein zweiter Durchschlag  $D_2$  einstellt. Nach erneutem Abfallen der Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders auf die Restspannung  $U_R$  wird danach die Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders auf eine erneut ermittelte Zielspannung  $Z_2$  angehoben. Wie aus der Fig. 1 hervorgeht, haben sich in den ersten beiden Zeitintervallen  $\Delta t_1$  und  $\Delta t_2$  jeweils zwei Durchschläge  $D_1$  und  $D_2$  eingestellt, was einem relativ optimalen Verlauf der Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders entspricht. Dies ist der Fall, wenn nach Ablauf des ersten Zeitintervalls  $\Delta t_1$  zum Zeitpunkt  $T_1$  ein Durchschlag  $D_1$  realisiert wurde und zwischen den Zeiten  $T_1$  und  $T_2$  ebenfalls ein Durchschlag  $D_2$  realisiert wurde. Für die Zeitintervalle  $\Delta t_1$  und  $\Delta t_2$  betragen die Anzahlen von realisierten Durchschlägen  $D^*_1$  bzw.  $D^*_2$  somit jeweils gleich 1. Es ist daher nicht erforderlich, unmittelbar nach Ablauf der Zeit  $T_1$  oder unmittelbar nach Ablauf der Zeit  $T_2$  die Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders bis zur Durchschlagsgrenze zu erhöhen, um einen zusätzlichen Durchschlag zu realisieren. Wie aus Fig. 1 hervorgeht, kommt es innerhalb des Zeitintervalls  $\Delta t_3$  nicht zu einem weiteren Durchschlag, so daß nach Ablauf der Zeit  $T_3$  bereits drei vorgegebene Zeitintervalle  $\Delta t_i$  abgelaufen sind, sich aber nur zwei Durchschläge  $D_1$  und  $D_2$  eingestellt haben. Für das Zeitintervall  $\Delta t_3$  beträgt die Anzahl von realisierten Durchschlägen  $D^*_3 = 0$ , so daß die Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders zum Zeitpunkt  $T_3$  bis zur Durchschlagsgrenze erhöht wird. Dadurch wird bewirkt, daß ein zusätzlicher, prozeßunabhängiger Durchschlag  $D_3$  realisiert wird, und somit die Anzahl der abgelaufenen Zeitintervalle  $\Delta t_i$  und die Anzahl von realisierten Durchschlägen  $D^*_i$  im jeweiligen Zeitintervall  $\Delta t_i$  wieder gleich ist, was einer Realisierung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $D_{s_n}$  entspricht. Wird der zusätzliche, prozeßunabhängige Durchschlag  $D_3$  realisiert, sinkt die Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders schlagartig erneut auf die Restspannung  $U_R$  ab. Nach der Entionisierung des Abgases wird die Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders bis zur Zielspannung  $Z_3$  erhöht und so lange konstant gehalten, bis sich erneut ein Durchschlag  $D_4$  einstellt. Gemäß Fig. 1 wird der Durchschlag  $D_4$  innerhalb des Zeitintervalls  $\Delta t_4$  realisiert, so daß gilt:  $D^*_4 = 1$ .

Gemäß Fig. 1 ist es somit auch unmittelbar nach Ablauf der Zeit  $T_4$  nicht erforderlich, die Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders bis zur Durchschlagsgrenze zu erhöhen, um einen zusätzlichen Durchschlag zu realisieren. Da für  $i = 1$  bis 4 gilt:  $D^*_i = 1$  oder 0, folgt  $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3 = \Delta t_4$ . Die Zeitintervalle  $\Delta t_i$  mit  $i = 1$  bis 4 sind somit gleich groß, was ebenfalls Fig. 1 zu entnehmen ist. Nach dem Durchschlag  $D_4$  wird daher die Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders, ausgehend von der Restspannung  $U_R$ , auf eine erneut ermittelte Zielspannung  $Z_4$  angehoben und konstant gehalten.

In Fig. 2 ist eine fallende Durchschlagsspannung als Funktion der Zeit  $t$  in Form der Durchschlagsspannungskurve (1) und der Verlauf der Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders als Funktion der Zeit  $t$  dargestellt. Die Steigung der dargestellten Durchschlagsspannungskurve (1) ist gleich 0 oder kleiner 0.

Die einzelnen Bezeichnungen  $Z_i$  für die während der Betriebszeit  $t_B$  erneut eingestellten Zielspannungen  $Z_i$  wurden in Fig. 2 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht eingetragen. Innerhalb des ersten Zeitintervalls  $\Delta t_1$  fällt die Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders, ausgehend von der eingestellten Zielspannung  $U_{Z_F}$  bei dem ersten Durchschlag  $D_1$  schlagartig auf die Restspannung  $U_R$  ab. Nach Entionisierung des Abgases wird die Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders auf eine erneute Zielspannung  $Z_1$  erhöht und konstant gehalten, bis sich der zweite Durchschlag  $D_2$  einstellt. Wie aus Fig. 2 hervorgeht, kommt es innerhalb des zweiten Zeitintervalls  $\Delta t_2$  zu drei Durchschlägen  $D_2$  bis  $D_4$ , so daß nach Ablauf der Zeit  $T_2$  des zweiten Zeitintervalls  $\Delta t_2$  bereits insgesamt vier Durchschläge realisiert wurden, aber erst zwei Zeitintervalle der Betriebszeit  $t_B$  abgelaufen sind. Dies hat zur Folge, daß das dritte Zeitintervall  $\Delta t_3$  im Vergleich zu den jeweils gleichgroßen Zeitintervallen  $\Delta t_1$  und  $\Delta t_2$  vergrößert werden muß, wobei gilt:

$$\Delta t_3 = \frac{t_B - \sum_{j=1}^2 \Delta t_j}{D - (1+3)} = \frac{t_B - (\Delta t_1 + \Delta t_2)}{D - 4}$$

Eine Verlängerung des Zeitintervalls  $\Delta t_3$  ist erforderlich, da die Anzahl von realisierten Durchschlägen  $D^*_2$  im zweiten Zeitintervall  $\Delta t_2$  mit 3 anzugeben ist, also weder den Wert 1 noch den Wert 0 annimmt. Eine Erhöhung der Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders unmittelbar nach Ablauf der Zeit  $T_i$  des jeweiligen Zeitintervalls  $\Delta t_i$  bis zur Durchschlagsgrenze ist bei einem Verlauf der Durchschlagsspannungskurve (1) gemäß Fig. 2 nicht erforderlich und wird erst dann wieder durchgeführt, wenn die Steigung der Durchschlagsspannungskurve (1) wieder positiv wird, was bewirkt, daß sich dann innerhalb eines Zeitintervalls  $\Delta t_i$  kein Durchschlag einstellen wird, so daß gilt  $D^*_i = 0$ .

In Fig. 3 ist der Verlauf der Durchschlagsspannungskurve (1) und die Spannung  $U_F$  (2) des elektrostatischen Abscheiders als Funktion der Zeit  $t$  gemäß Fig. 1 vereinfacht dargestellt, wobei jeweils die schlagartigen Spannungsabfälle auf die Restspannung  $U_R$  aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht eingetragen wurden. Die in Fig. 3 verwendete Darstellungsweise wurde auch bei den Fig. 4 bis 6 gewählt, die sich auf die nachfolgend beschriebenen Beispiele beziehen.

Das Verfahren zum Führen der Spannung  $U_F$  eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze läuft im einzelnen folgendermaßen ab:

Nach Einstellung einer ermittelten Zielspannung  $U_{ZF}$  nach einem Durchschlag im elektrostatischen Abscheider wird der elektrostatische Abscheider während einer Betriebszeit  $t_B$  die aus einer vorher bestimmten optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $DS_n$  ermittelt wird, betrieben. Die Betriebszeit  $t_B$  wird in  $n$  Zeitintervalle  $\Delta t_i$  aufgeteilt, deren Größe so gewählt wird, daß die vorher bestimmte optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $DS_n$  realisiert werden kann. In der Praxis setzt dies einen Verlauf der Durchschlagsspannungskurve voraus, der auch bei der Ermittlung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $DS_n$  zugrundegelegt wurde. Während der Betriebszeit  $t_B$  kann sich jedoch der Verlauf der Durchschlagsspannungskurve verändern, so daß eine entsprechende prozeßabhängige Korrektur durch Verändern der einzelnen Zeitintervalle  $\Delta t_i$  erfolgen muß. Das erste Zeitintervall  $\Delta t_1$  wird jedoch immer als Kehrwert der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $DS_n$  festgelegt. Sollte innerhalb des ersten Zeitintervalls  $\Delta t_1$  die Anzahl von realisierten Durchschlägen  $D^*_1 = 0$  oder 1 betragen, so wird als zweites Zeitintervall  $\Delta t_2$  ein Zeitintervall gewählt, das mit dem ersten Zeitintervall  $\Delta t_1$  identisch ist, wie es in den Fig. 1 und 3 dargestellt ist. Werden im ersten Zeitintervall  $\Delta t_1$  mehrere Durchschläge erzielt, so muß als zweites Zeitintervall  $\Delta t_2$  ein Zeitintervall gewählt werden, das größer ist, als das erste Zeitintervall  $\Delta t_1$ . Ein solcher Fall ist in Fig. 2 für die Zeitintervalle  $\Delta t_2$  und  $\Delta t_3$  dargestellt. Aufgrund dieser Verfahrensweise ist es möglich, durch eine entsprechende Wahl der Zeitintervalle  $\Delta t_i$  prozeßabhängige Schwankungen der Durchschlagsspannungskurve zu kompensieren. Für die Realisierung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $DS_n$  ist es bei diesem Verfahren erforderlich, die Spannung  $U_F$  unmittelbar nach Ablauf der Zeit  $T_i$  des jeweiligen Zeitintervalls  $\Delta t_i$  bis zur Durchschlagsgrenze zu erhöhen, sofern innerhalb dieses Zeitintervalls  $\Delta t_i$  kein Durchschlag realisiert wurde, und somit gilt  $D^*_i = 0$ . Dies trifft beispielsweise für das Zeitintervall  $\Delta t_3$  zu, das in den Fig. 1 und 3 dargestellt ist.

Nach Ablauf der Betriebszeit  $t_B$  wird erneut eine optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $DS_n$  ermittelt und daraus eine neue anschließende Betriebszeit  $t_B$  festgelegt, die ebenfalls in  $n$  Zeitintervalle  $\Delta t_i$  aufgeteilt wird.

Ist die Steigung der sich ergebenden Durchschlagsspannungskurve kleiner 0, so kann der Fall eintreten, daß die optimale Anzahl der Durchschläge  $D$  bereits vor Ablauf des letzten Zeitintervalls  $\Delta t_n$  realisiert wird. Dies kann beispielsweise im dritten Zeitintervall  $\Delta t_3$  oder im vierten Zeitintervall  $\Delta t_4$  erfolgen. Ferner kann der Fall eintreten, daß die optimale Anzahl der Durchschläge  $D$  bereits vor Ablauf des letzten Zeitintervalls  $\Delta t_n$  durch realisierte Durchschläge überschritten wird. In beiden Fällen läßt sich die optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $DS_n$  nicht mehr realisieren, so daß das Verfahren vor Ablauf der sich anschließenden Betriebszeit  $t_B$  unmittelbar nach Eintreten eines dieser beiden Fälle abgebrochen wird. Ausgehend von einer erneut ermittelten Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $DS_n$  wird dann das Verfahren erneut in entsprechender Weise gestartet.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Beispielen näher beschrieben:

#### Beispiel 1:

=====

Der Verlauf der Durchschlagsspannungskurve (1) gemäß Beispiel 1 ist in Fig. 4 dargestellt.

Als optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $DS_n$  wurde ermittelt:

$$DS_n = 10/300 \text{ sec.}$$

Mit der optimalen Anzahl der Durchschläge D von 10 ergibt sich eine Betriebszeit  $t_B$  von 300 sec. Für das erste Zeitintervall  $\Delta t_1$  gilt somit:  $\Delta t_1 = 1/Ds_n = 300 \text{ sec.}/10 = 30 \text{ sec.}$  Innerhalb des ersten Zeitintervalls  $\Delta t_1$  kommt es nicht zu einem realisierten Durchschlag  $D_1$ , so daß gilt:  $D_1^* = 0$ . Nach Ablauf der Zeit  $T_1$  des ersten Zeitintervalls  $\Delta t_1$  wird daher die Spannung  $U_F$  bis zur Durchschlagsgrenze erhöht, so daß es zu einem prozeßunabhängigen Durchschlag kommt. Da für das erste Zeitintervall  $\Delta t_1$  gilt:  $D_1^* = 0$ , werden auch für das zweite Zeitintervall  $\Delta t_2$  30 sec. festgesetzt. Auch innerhalb des zweiten Zeitintervalls  $\Delta t_2$  wird kein Durchschlag realisiert, so daß ebenfalls gilt,  $D_2^* = 0$ . Nach Ablauf der Zeit  $T_2$  des zweiten Zeitintervalls  $\Delta t_2$  werden daher die Spannung  $U_F$  erneut bis zur Durchschlagsgrenze erhöht und für das dritte Zeitintervall  $\Delta t_3$  30 sec. festgelegt. Im vorliegenden Beispiel gilt für alle Zeitintervalle  $\Delta t_i$ :  $D_i^* = 0$ . Dies ist der Fall, wenn die Steigung der Durchschlagsspannungskurve (1) gleich 0 oder positiv ist. Nach 10 Zeitintervallen  $\Delta t_i$  mit  $i = 1$  bis 10 ist die Betriebszeit  $t_B$  abgelaufen. Dann kann eine erneute Bestimmung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $Ds_n$  bestimmt werden und daraus eine weitere Betriebszeit  $t_B$  ermittelt werden. Die einzelnen Angaben über Zeiten und Anzahlen von Durchschlägen werden in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1:

=====				
	$t_B - \sum_{j=1}^i \Delta t_j$	$\Delta t_i$	$D_i^*$	$D - \sum_{j=1}^i D_j^*$
i	in sec.	in sec.		
-----				
1	270	30	1	9
2	240	30	1	8
3	210	30	1	7
4	180	30	1	6
5	150	30	1	5
6	120	30	1	4
7	90	30	1	3
8	60	30	1	2
9	30	30	1	1
10	0	30	1	0

## Beispiel 2:

=====

Der Verlauf der Durchschlagsspannungskurve (1) gemäß Beispiel 2 ist in Fig. 5 dargestellt.

Als optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $Ds_n$  wurde ermittelt:  $Ds_n = 30/300 \text{ sec.}$ , so daß sich für die optimale Anzahl der Durchschläge D und der Betriebszeit  $t_B$  ergibt:  $D = 30$ ;  $t_B = 300 \text{ sec.}$

Daraus ergibt sich für das erste Zeitintervall  $\Delta t_1$ :  $\Delta t_1 = 1/Ds_n = 10 \text{ sec.}$ . Innerhalb des ersten Zeitintervalls  $\Delta t_1$  werden 8 Durchschläge realisiert, so daß für die Anzahl von realisierten Durchschlägen  $D^*_1$  im ersten Zeitintervall  $\Delta t_1$  gilt:  $D^*_1 = 8$ . Für das zweite Zeitintervall  $\Delta t_2$ , das daher größer gewählt werden muß als das erste Zeitintervall  $\Delta t_1$ , muß somit gelten:

$$\Delta t_2 = \frac{300 \text{ sec.} - 10 \text{ sec.}}{30 - 8} = 13,2 \text{ sec.}$$

Im zweiten Zeitintervall  $\Delta t_2$  werden 5 Durchschläge realisiert, so daß gilt:  $D^*_2 = 5$ . Dies hat zur Folge, daß das dritte Zeitintervall  $\Delta t_3$  größer gewählt werden muß als das zweite Zeitintervall  $\Delta t_2$ . Für das Zeitintervall  $\Delta t_3$  gilt:

$$\Delta t_3 = \frac{300 \text{ sec.} - (10+13,2) \text{ sec.}}{30 - (8+5)} = 16,3 \text{ sec.}$$

Im dritten Zeitintervall  $\Delta t_3$  werden 8 Durchschläge realisiert, so daß gilt:  $D^*_3 = 8$ . Dies hat zur Folge, daß das vierte Zeitintervall  $\Delta t_4$  größer gewählt werden muß, als das dritte Zeitintervall  $\Delta t_3$ . Für das vierte Zeitintervall  $\Delta t_4$  gilt:

$$\Delta t_4 = \frac{300 \text{ sec.} - (10+13,2+16,3) \text{ sec.}}{30 - (8+5+8)} = 28,9 \text{ sec.}$$

Im Beispiel 2 ist die Steigung der Durchschlagsspannungskurve (1) immer negativ. Dies bedeutet, daß für alle  $D^*_i$  gilt:  $D^*_i \neq 0$ , was zur Folge hat, daß die Spannung  $U_F$  des elektostatischen Abscheiders während der Betriebszeit  $t_B$  nicht bis zur Durchschlagsgrenze erhöht werden muß. Nach Ablauf des vierten Zeitintervalls  $\Delta t_4$  wurde die optimale Anzahl der Durchschläge  $D$  von 30 bereits realisiert. Da mit Ablauf des vierten Zeitintervalls  $\Delta t_4$  die sich anschließende Betriebszeit  $t_B$  nicht endet, handelt es sich bei dem vierten Zeitintervall  $\Delta t_4$  nicht um das Zeitintervall  $\Delta t_n$ . Somit liegt der Fall vor, daß die optimale Anzahl der Durchschläge  $D$  vor Beginn des Zeitintervalls  $\Delta t_n$  realisiert wurde, und daß die optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $Ds_n$  nicht mehr realisiert werden kann. Das Verfahren muß daher bereits vor Ablauf der sich anschließenden Betriebszeit  $t_B$  von 300 sec. abgebrochen und erneut gestartet werden. Zum Zeitpunkt  $T_N$ , wenn die optimale Anzahl der Durchschläge  $D$  von 30 im vierten Zeitintervall  $\Delta t_4$  bereits realisiert wurde, wird daher erneut eine optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $Ds_n$  ermittelt und die daraus resultierende weitere Betriebszeit  $t_B$  bestimmt. In der Tabelle 2 sind nähere Angaben bezüglich der Zeiten und der Anzahlen von Durchschlägen angeführt.



Tabelle 2:

=====

5									
10	i		$t_B - \sum_{j=1}^i \Delta t_j$		$\Delta t_i$		$D_i^*$		$D - \sum_{j=1}^i D_j^*$
			in sec.		in sec.				
			<hr/>						
15	1		290		10		8		22
	2		276,8		13,2		5		17
	3		260,5		16,3		8		9
20	4		Neubeginn		28,9		9		0

Beispiel 3:

=====

Der Verlauf der Durchschlagsspannungskurve (1) für die Zeitintervalle  $\Delta t_1$  bis  $\Delta t_5$  gemäß Beispiel 3 ist in Fig. 6 dargestellt.

Aus der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $D_{s_n}$  von 30/300 sec. ergibt sich eine Betriebszeit  $t_B$  von 300 sec.. Daraus ergibt sich ein erstes Zeitintervall  $\Delta t_1$  von 10 sec.. Innerhalb des ersten Zeitintervalls  $\Delta t_1$  wird kein Durchschlag realisiert, so daß gilt  $D_1^* = 0$ . Nach Ablauf des ersten Zeitintervalls  $\Delta t_1$  wird daher die Spannung  $U_F$  bis zur Durchschlagsgrenze erhöht, so daß es zu einem prozeßunabhängigen Durchschlag kommt. Da für das erste Zeitintervall  $\Delta t_1$  gilt:  $D_1^* = 0$ , werden für das zweite Zeitintervall  $\Delta t_2$  somit ebenfalls 10 sec. festgelegt. Wie aus der Tabelle 3 und aus der Fig. 6 hervorgeht, werden im zweiten Zeitintervall  $\Delta t_2$  4 Durchschläge realisiert, so daß gilt:  $D_4^* = 4$ . Dies hat zur Folge, daß das dritte Zeitintervall  $\Delta t_3$  verlängert werden muß. Für das dritte Zeitintervall  $\Delta t_3$  gilt:

$$\Delta t_3 = \frac{300 \text{ sec.} - (10+10) \text{ sec.}}{30 - (1+4)} = 11,2 \text{ sec.}$$

Innerhalb des dritten Zeitintervalls  $\Delta t_3$  werden ebenfalls 4 Durchschläge realisiert, so daß gilt:  $D_4^* = 4$ . Für das vierte Zeitintervall  $\Delta t_4$ , das somit größer gewählt werden muß als das dritte Zeitintervall  $\Delta t_3$ , gilt:

$$\Delta t_4 = \frac{300 \text{ sec.} - (10+10+11,2) \text{ sec.}}{30 - (1+4+4)} = 12,8 \text{ sec.}$$

Da im vierten Zeitintervall  $\Delta t_4$  7 Durchschläge realisiert werden, ergibt sich für das fünfte Zeitintervall  $\Delta t_5$ :

$$300 \text{ sec.} - (10+10+11,2+12,8) \text{ sec.}$$

$$\Delta t_5 = \frac{300 - (10+10+11,2+12,8)}{30 - (1+4+4+7)} = 18,3 \text{ sec.}$$

5

Innerhalb des fünften Zeitintervalls  $\Delta t_5$  wird ein Durchschlag realisiert, so daß für das sechste Zeitintervall  $\Delta t_6$  ebenfalls 18,3 sec. festgelegt werden. Weitere Angaben über Zeiten und Anzahlen von Durchschlägen können Tabelle 3 entnommen werden.

10

Tabelle 3:

15

=====				
i	$t_B - \sum_{j=1}^i \Delta t_j$	$\Delta t_i$	$D_i^*$	$D - \sum_{j=1}^i D_j^*$
	in sec.	in sec.		
1	290	10	1	29
2	280	10	4	25
3	268,8	11,2	4	21
4	256	12,8	7	14
5	237,7	18,3	1	13
6	219,4	18,3	6	7
7	188,1	31,3	4	3
8	125,4	62,7	1	2
9	62,7	62,7	1	1
10	0	62,7	1	0

40

Nach zehn festgelegten Zeitintervallen  $\Delta t_i$  ist die Betriebszeit  $t_B$  abgelaufen. Nach einer erneuten Bestimmung der optimalen Anzahl von Durchlägen pro Zeiteinheit  $D_{s_n}$  wird erneut eine weitere anschließende Betriebszeit  $t_B$  ermittelt und das Verfahren zum Führen der Spannung  $U_F$  eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze entsprechend fortgesetzt.

45

### Patentansprüche

50

1. Verfahren zum Führen der Spannung  $U_F$  eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze, bei dem die Zielspannung  $U_{ZF}$  nach einem Durchschlag eingestellt wird und eine anschließende Betriebszeit  $t_B$  aus der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $D_{s_n}$  ermittelt wird, wobei mit der optimalen Anzahl der Durchschläge  $D$  gilt:

55

$$Ds_n = \frac{D}{t_B}$$

und bei dem die anschließende Betriebszeit  $t_B$  in  $n$  Zeitintervalle  $\Delta t_i$  aufgeteilt wird, wobei mit der Anzahl von realisierten Durchschlägen  $D_i^*$  im jeweiligen Zeitintervall  $\Delta t_i$  und  $i = 1$  bis  $n$  gilt:

$$\Delta t_1 = \frac{t_B}{D} = \frac{1}{Ds_n} \quad ,$$

$$\Delta t_{i+1} = \Delta t_i \iff D_i^* = 1 \vee D_i^* = 0$$

$$\vee \quad \Delta t_{i+1} = \frac{t_B - \sum_{j=1}^i \Delta t_j}{D - \sum_{j=1}^i D_j^*} \iff D_i^* > 1$$

und bei dem die Spannung  $U_F$  unmittelbar nach Ablauf der Zeit  $T_i$  des jeweiligen Zeitintervalls  $\Delta t_i$  bis zur Durchschlagsgrenze erhöht wird, wenn gilt:  $D_i^* = 0$ , wobei das Verfahren vor Ablauf der sich anschließenden Betriebszeit  $t_B$  abgebrochen und ausgehend von einer erneut ermittelten Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit  $Ds_n$  erneut in entsprechender Weise gestartet wird, sofern und sobald die optimale Anzahl der Durchschläge  $D$  vor Beginn des Zeitintervalls  $\Delta t_n$  realisiert wurde oder vor Ablauf des Zeitintervalls  $\Delta t_n$  durch realisierte Durchschläge überschritten wurde.

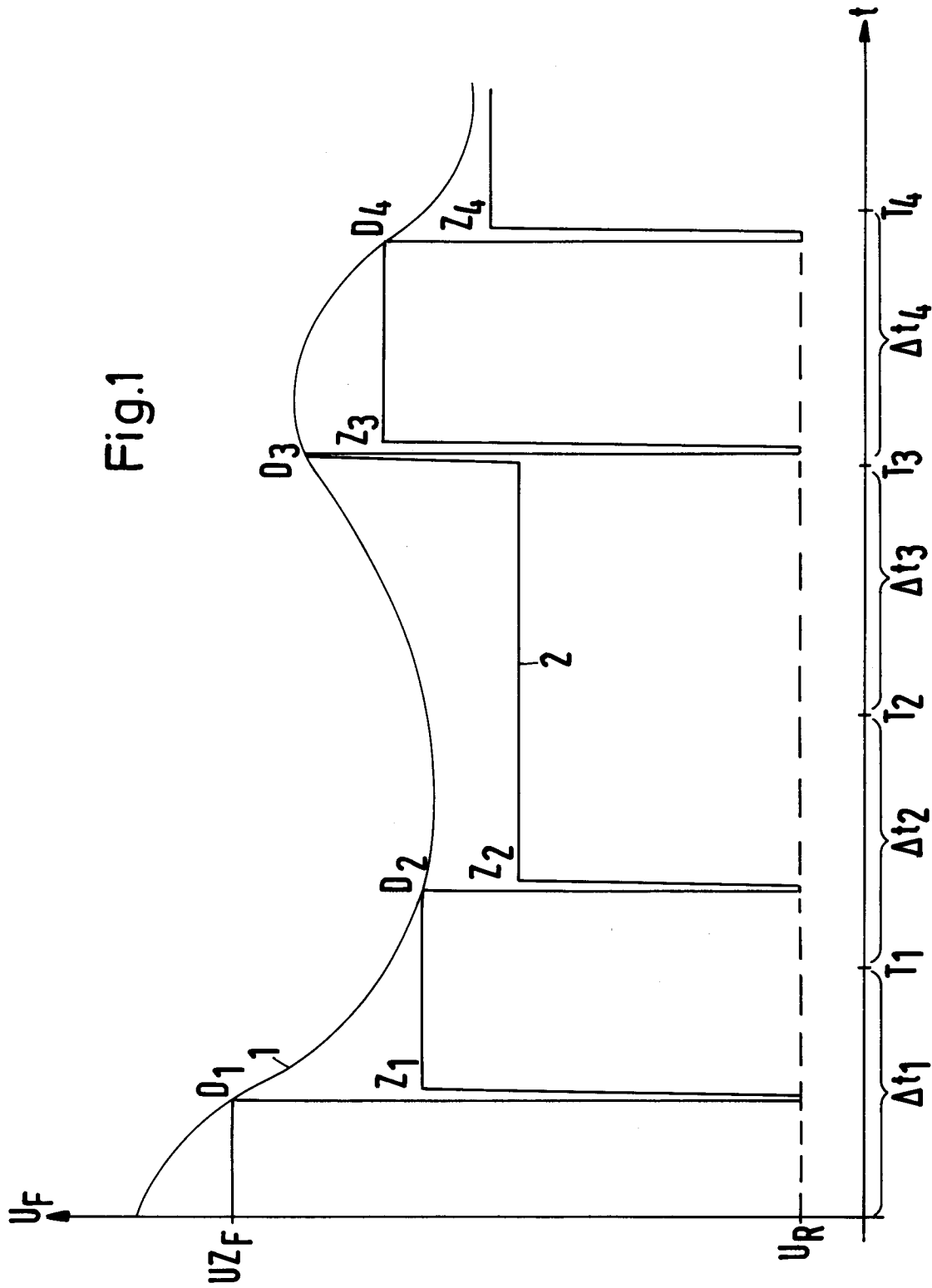
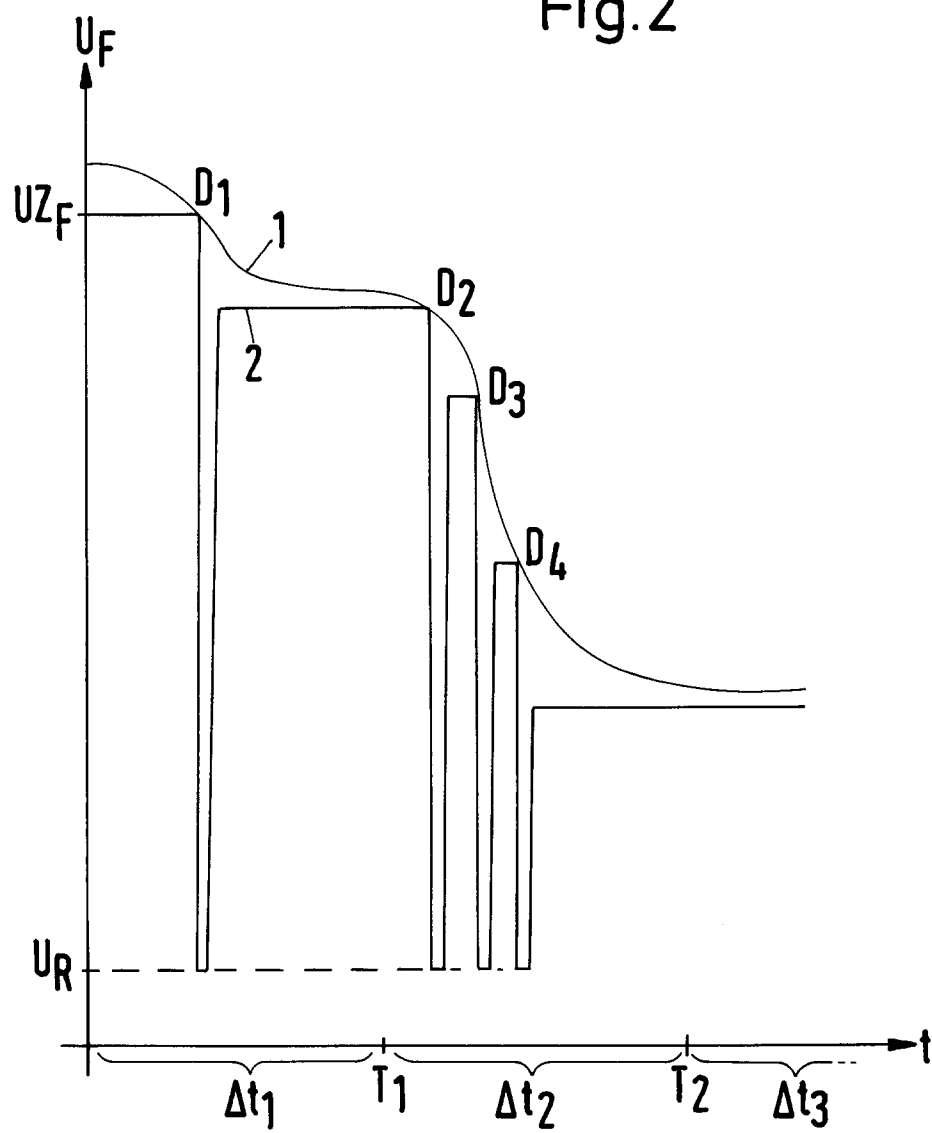


Fig.2



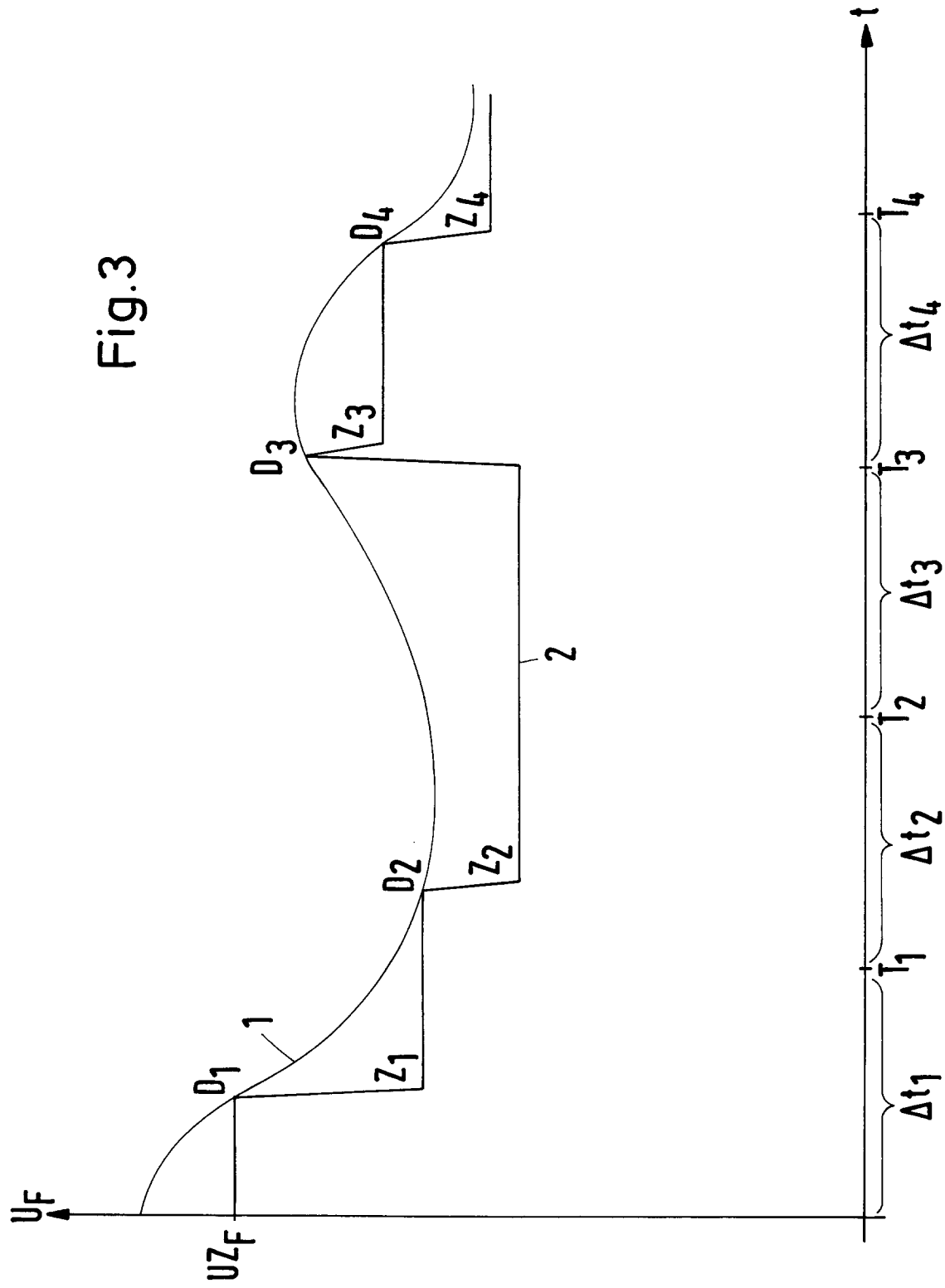
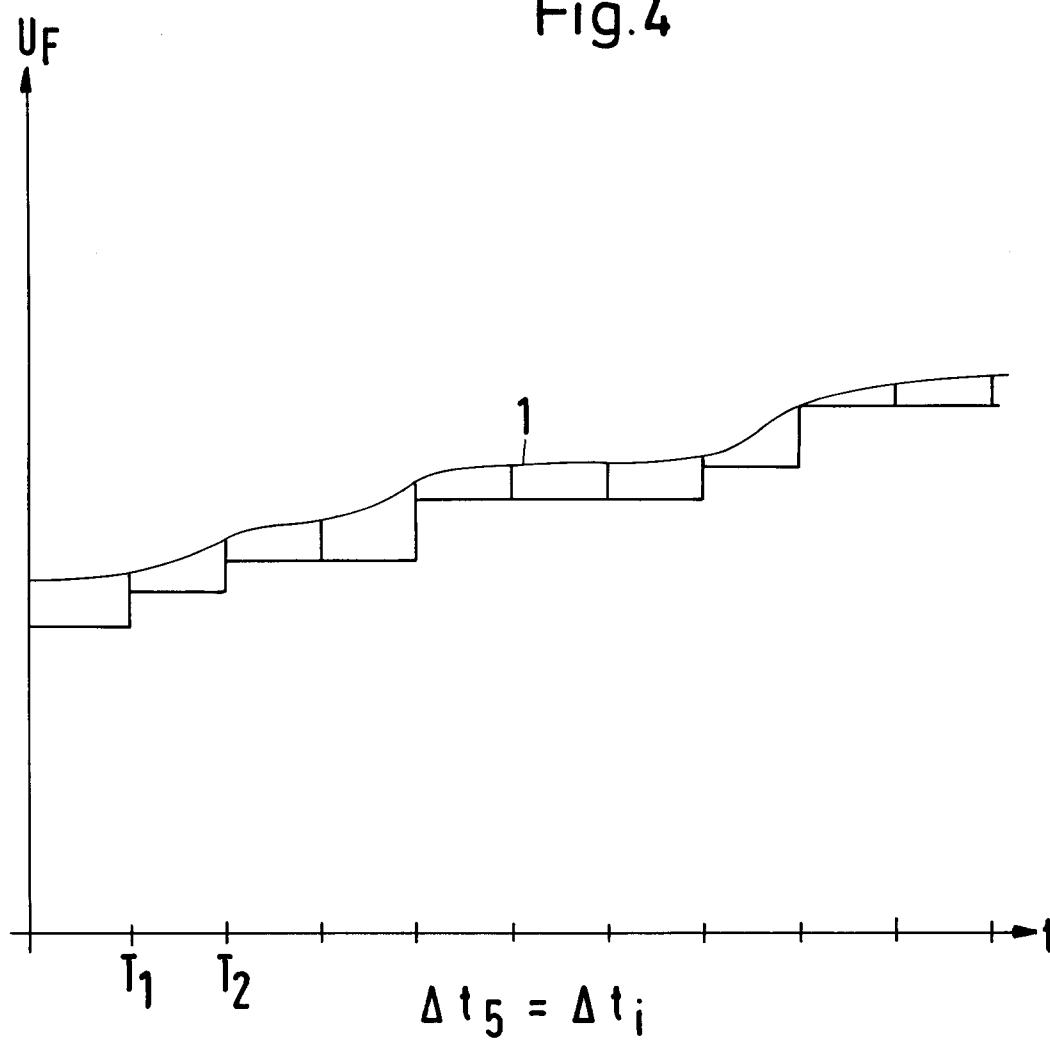
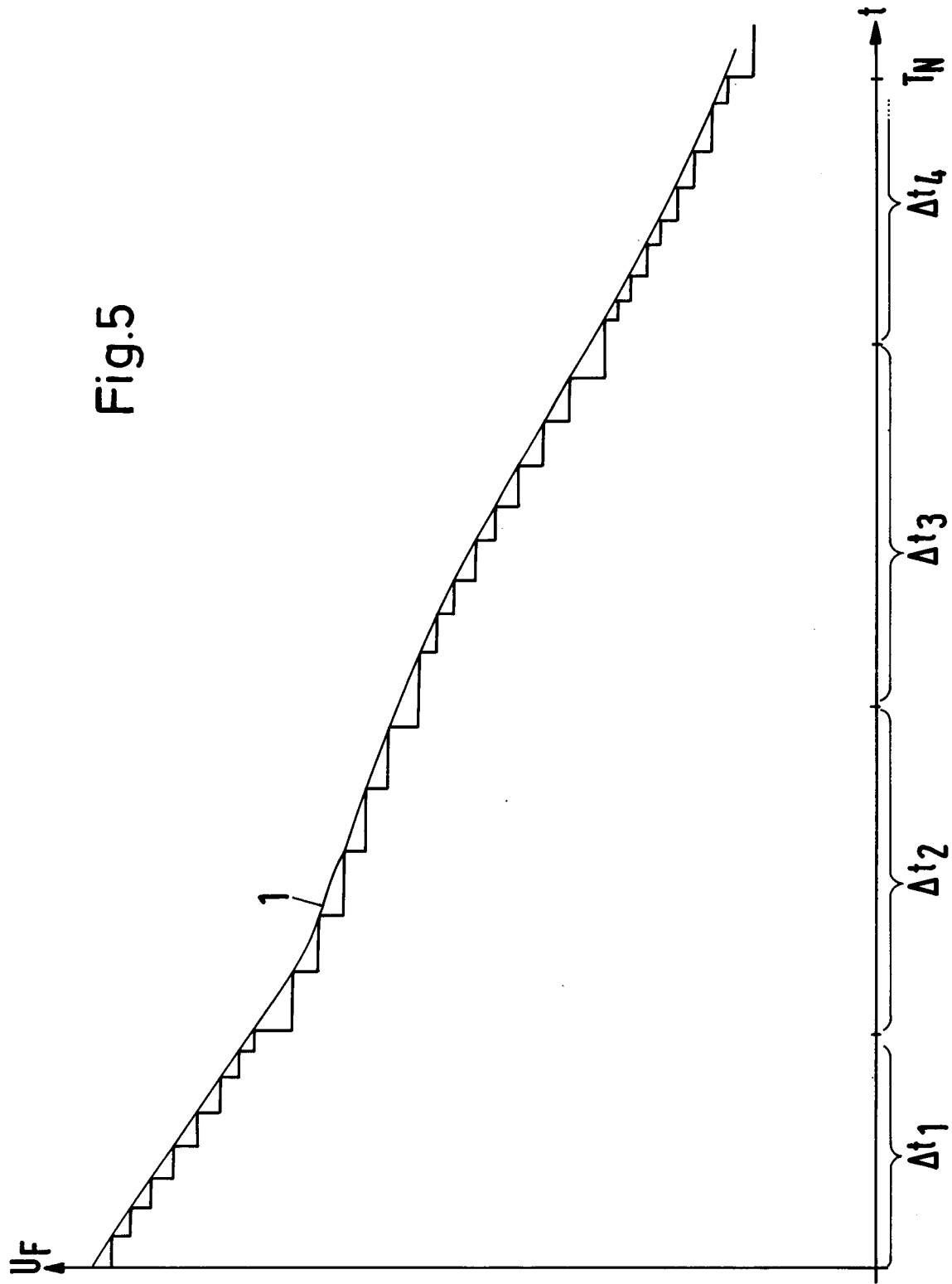
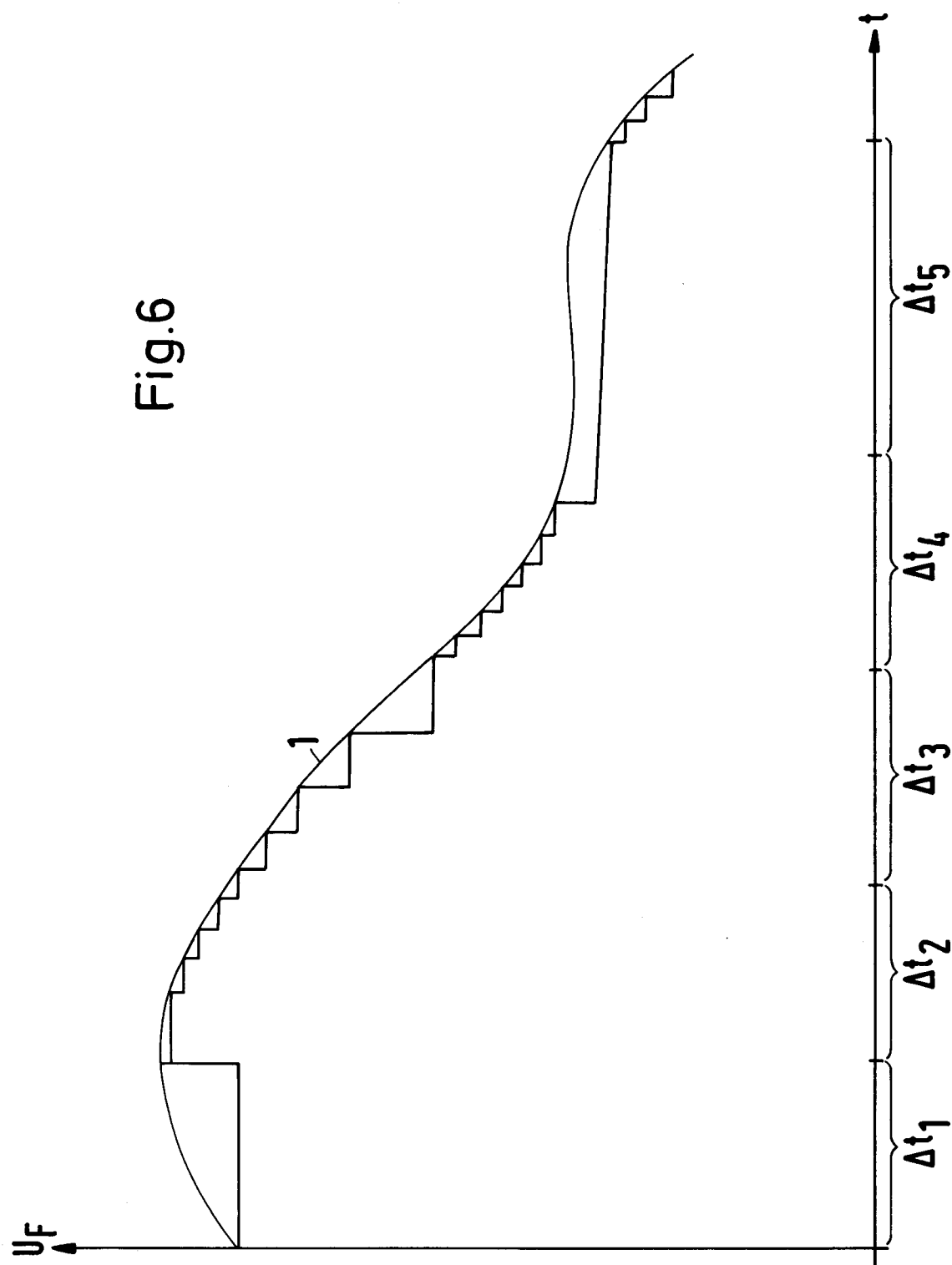


Fig.4











Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 93 20 1715

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	EP-A-0 030 657 (SIEMENS) * Zusammenfassung *  -----	1	B03C3/68
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			B03C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 31 AUGUST 1993	Prüfer BERTIN M.H.J.
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur  T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument I : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			