



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 663 458 A5

⑤① Int. Cl. 4: F 22 B 1/30
F 24 F 6/02
G 05 D 9/12

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 6913/83

㉔ Anmeldungsdatum: 23.12.1983

㉔ Patent erteilt: 15.12.1987

㉔ Patentschrift
veröffentlicht: 15.12.1987

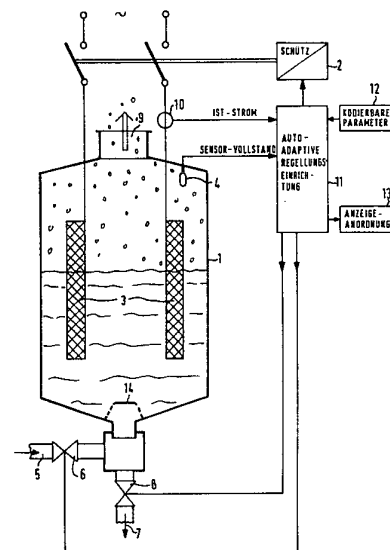
㉔ Inhaber:
Condair AG, Münchenstein

㉔ Erfinder:
Nordmann, Jacques, Arlesheim

㉔ Vertreter:
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,
Patentanwälte, Basel

⑤④ **Verfahren und Einrichtung zur Regelung eines Dampferzeugers.**

⑤⑦ In einem Wasserdampferzeugungsbehälter (1) wird der über ein Elektrodenpaar (3) fließende Strom zur Regulierung der Frischwasserzufuhr bzw. des Wasserablasses herangezogen. Sobald der sinkende Strom einen oberen Strompegel (I_0) eines Messintervalls erreicht, wird in einer auto-adaptiven Regelungseinrichtung (11) eine Zeitählung der Dauer (T) in Gang gesetzt. Wenn der Strom am Ende der Zeitspanne (T) nicht bis auf einen unteren Strompegel (I_U) abgesunken ist, wird ein Einlassventil (6) geöffnet und durch Frischwasserzufuhr der Strom wieder auf einen Sollwertbezogenen ersten Strompegel (I_1) gebracht. Wenn der Strom von Ende der Zeitspanne (T) auf den unteren Pegel (I_U) sinkt, wird während einer Ablasszeit (T_K) das Ventil (8) eines Wasserablasses (7) geöffnet. Danach wird das Ablassventil (8) geschlossen und das Einlassventil (6) solange geöffnet, bis der Strom wieder auf den ersten Strompegel (I_1) angestiegen ist. Die Regelungseinrichtung weist einen Mikroprozessor auf, in dessen Programmierung sämtliche Regelungs- und Überwachungsvorgänge eingegeben werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur kontinuierlichen Regelung eines insbesondere zur Luftbefeuchtung eingesetzten Dampferzeugers, bei welchem mindestens ein in einen bis zu einem bestimmten Niveau mit Leitungswasser gefüllten Dampferzeugungsbehälter eingetauchtes Elektrodenpaar an Spannung gelegt und damit, unter Nutzung des Wassers als elektrischer Heizwiderstand, ein das Wasser erwärmender und verdampfender Heizstromkreis gebildet wird, dessen sich entsprechend der Wassertemperatur, der jeweiligen Wassermenge und der Konzentration an leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteilen während des Erwärmens und Verdampfens ergebender zeitlicher Stromverlauf zur Regulierung der Zufuhrmenge von Frischwasser zum Behälter sowie der gegebenenfalls erforderlichen Ablassmenge von im Behälter befindlichem Wasser herangezogen wird, wobei zumindest der nach Verdampfungsbeginn bei geschlossenem Wasserzu- und -ablauf von einem sollwertbezogenen ersten Strompegel (I_1) aus sinkende Stromverlauf erfasst und in einem unterhalb dieses ersten Strompegels liegenden Messintervall, das durch einen oberen (I_0) und einen unteren Strompegel (I_u) sowie eine vorgegebene optimale Zeitspanne (T) relativer Verdampfungszeit begrenzt ist, mit dem durch dieses Messintervall bestimmten Idealverlauf eines sinkenden Stromes verglichen wird, um die besagte Regulierung entsprechend den ermittelten Abweichungen durchzuführen, dadurch gekennzeichnet, dass, sobald der sinkende Stromverlauf am oberen Strompegel (I_0) des Messintervalls anlangt, eine die besagte Zeitspanne (T) dauernde Zeitzählung in Gang gesetzt und – falls in dieser Zeitspanne der sinkende Stromverlauf den unteren Strompegel (I_u) nicht erreicht – am Ende der Zeitspanne der Wasserzulauf (5) geöffnet und solange offengehalten wird, bis der Strom wieder auf den ersten Strompegel (I_1) angestiegen ist, dass – falls der sinkende Stromverlauf den unteren Strompegel (I_u) vor Ablauf der Zeitspanne (T) erreicht – die jeweilige Restzeit (T_R) mit einem vorgegebenen Wasserablass-Koeffizienten (K) in Beziehung gesetzt, daraus eine Ablasszeit (T_K) errechnet und für die Dauer dieser Zeit der Wasserablass (7) geöffnet wird und dass am Ende der Ablasszeit der Wasserzulauf (5) geöffnet und wiederum bis zum Anstieg des Stromverlaufs auf den ersten Strompegel (I_1) offengehalten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der jeweilige Stromwert des sinkenden Stromverlaufs zu Beginn eines Wasserablasses gespeichert wird, dass dieser Stromwert mit einem vorgegebenen Austausch-Sicherheitsfaktor multipliziert wird, der entsprechend gewählt wird, dass sich mit ihm ein Austausch-Sicherheitsstromwert errechnen lässt, der oberhalb des bei einem Austauschen des Elektrodenpaars aus dem Wasserniveau fließenden Stromes liegt, dass, im Falle des Sinkens des Stromverlaufs unter diesen Austausch-Sicherheitsstromwert, der Heizstromkreis unterbrochen und die Zeit zwischen der Unterbrechung und dem Ende des Wasserablasses erfasst und gespeichert wird und dass nach dem sich an den Wasserablass anschliessenden Beginn des Wasserzulaufs der Heizstromkreis nach einem Mehrfachen der gespeicherten Unterbrechungszeit wieder eingeschaltet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Wasserzulauf vor dem Ende des Wasserablaufs geöffnet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine nach Beginn einer die besagte Zeitspanne (T) dauernden Zeitzählung erfolgende Sollwertänderung zumindest bis zum Ablauf der eingeleiteten Zeitzählung nicht ausgeführt sondern gespeichert wird und die zu Beginn der Zeitzählung das Messintervall begrenzenden Strompegel (I_0 , I_u) fixiert werden, dass das sich jeweils einstellende

Ergebnis am Ende der Zeitzählung nicht ausgeführt wird und dass die Sollwertänderung nach Ablauf der Zeitzählung vorgenommen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei Sollwertänderungen über mehrere ansteigende und abfallende Sollwertstufen diese sowie die jeweilige Änderungsrichtung gespeichert und der Reihe nach ausgeführt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei vor Verdampfungsbeginn der während des Erwärmens des Wassers ansteigende Stromverlauf erfasst wird, dadurch gekennzeichnet, dass über eine in kurzen Intervallen stattfindende Strom-Differenzmessung eine den Verdampfungsbeginn anzeigende Richtungsänderung des Stromverlaufs festgestellt wird und dass – falls der bei Richtungsänderung gemessene Stromwert von dem des sollwertbezogenen ersten Strompegels (I_1) abweicht – eine entsprechende Nachregulierung der Wassermenge vorgenommen und danach die während des Verdampfens messintervallbezogene Regelung angeschlossen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine durch Austauschen des Elektrodenpaars bedingte Stromkreisunterbrechung festgestellt, der Wasserzulauf geöffnet und ab einem bestimmten Wasserniveau die besagte Strom-Differenzmessung während des Erwärmens des Wassers durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass unterschiedliche abnormale Betriebszustände des Dampferzeugers festgestellt, in ein die Art eines abnormalen Betriebszustand kennzeichnendes Signal umgesetzt und zur Anzeige gebracht werden.

9. Regelungseinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Mikroprozessor aufweist, der entsprechend programmiert ist, um die genannten Verfahrensabläufe zu steuern, zu koordinieren und ständig zu überwachen, dass der Regelungseinrichtung für eine Eingabe unterschiedlicher Betriebswert-Parameter Kodierschalter (12) zugeordnet sind und dass eine mit der Regelungseinrichtung in Verbindung stehende Anzeigeanordnung (13) vorgesehen ist, welche die jeweiligen normalen oder abnormalen Betriebszustände visuell und gegebenenfalls akustisch anzeigt.

10. Regelungseinrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzeigeanordnung (13) eine mehrstellige Sieben-Segment-Anzeige aufweist sowie eine Wahl-taste zum Abrufen verschiedener aktueller Betriebsdaten, um diese jeweils auf der Sieben-Segment-Anzeige sichtbar zu machen.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur kontinuierlichen Regelung eines insbesondere zur Luftbefeuchtung eingesetzten Dampferzeugers, bei welchem mindestens ein in einen bis zu einem bestimmten Niveau mit Leitungswasser gefüllten Dampferzeugungsbehälter eingetauchtes Elektrodenpaar an Spannung gelegt und damit, unter Nutzung des Wassers als elektrischer Heizwiderstand, ein das Wasser erwärmender und verdampfender Heizstromkreis gebildet wird, dessen sich entsprechend der Wassertemperatur, der jeweiligen Wassermenge und der Konzentration an leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteilen während des Erwärmens und Verdampfens ergebender zeitlicher Stromverlauf zur Regulierung der Zufuhrmenge von Frischwasser zum Behälter sowie der gegebenenfalls erforderlichen Ablassmenge von sich im Behälter befindlichem Wasser herangezogen wird, wobei zumindest der Verdampfungsbeginn bei

geschlossenem Wasserzu- und -ablauf von einem Sollwertbezogenen ersten Strompegel aus sinkende Stromverlauf erfasst und in einem unterhalb dieses ersten Strompegels liegenden Messintervall, das durch einen oberen und einen unteren Strompegel sowie eine vorgegebene optimale Zeitspanne relativer Verdampfungszeit begrenzt ist, mit dem durch dieses Messintervall bestimmten Idealverlauf eines sinkenden Stromes verglichen wird, um die besagte Regulierung entsprechend den ermittelten Abweichungen durchzuführen sowie auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Ein Verfahren der vorgenannten Art ist aus der CH-PS 563 000 bekannt. Die dieses Verfahren realisierende Vorrichtung hat sich hinsichtlich ihres Dampferzeugungsprinzips als insgesamt vorteilhaft und betrieblich äusserst zuverlässig erwiesen. Insbesondere macht eine automatisch erfolgende Anpassung an jede auf der Welt natürlicherweise vorkommende Wassersorte durch «Eindicken» von leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteilen während des laufenden Dampferzeugungsvorgangs auf einen optimalen Betriebswert, die bekannte Vorrichtung praktisch überall problemlos einsetzbar. Die Dampferzeugungsbehälter, die bei der bekannten Vorrichtung verwendet werden, sind als Austauschteile konzipiert, sie besitzen fest eingebaute Elektroden und eine relativ lange Lebensdauer, bis sie infolge Mineralablagerung nahezu vollständig ausgefüllt sind und ausgetauscht werden müssen.

Das bekannte Verfahren besitzt aber auch einige Nachteile, die sich hauptsächlich auf die bislang zur Anwendung kommenden Regelungsmassnahmen beziehen, die während des laufenden Dampferzeugungsprozesses eine Frischwasserzufuhr je nach der gewünschten Verdampfungsleistung steuern oder einen Teil des im Verdampfungsbehälter befindlichen Wassers, beispielsweise zum Zwecke einer Dekonzentration ablassen sollen.

Es können nämlich während der Dampferzeugung nach dem bekannten Verfahren Betriebszustände auftreten, die von der bisher zum Einsatz kommenden Regelung nicht in der Weise beherrscht werden, dass jeweils nur der kleinstmögliche Energieaufwand zur Bewältigung der verschiedenen Betriebsaufgaben benötigt wird. Wenn beispielsweise nach Beginn des Dampferzeugungsprozesses bei der bekannten Vorrichtung der sinkende Stromverlauf am oberen Strompegel des Messintervalls anlangt, setzt dieser Stromverlauf über einen Schwellenschalter ein Zeitglied in Gang, das auf eine relative Verdampfungszeit eingestellt ist. Diese relative Verdampfungszeit wird so gewählt, dass sie einem höheren als dem höchsten zu erwartenden Leitwert bei natürlicherweise vorkommendem Wasser entspricht. In der Anfangsphase des Dampferzeugungsprozesses dauert das Sinken des Stromverlaufs innerhalb des Intervalls stets länger als die am Zeitglied eingestellte relative Verdampfungszeit. Mit zunehmender Erhöhung der Leitfähigkeit des während des Verdampfens im Behälter verbliebenen Wassers sinkt der Stromverlauf immer schneller ab. Sobald die gewählte relative Verdampfungszeit unterschritten wird, muss eine Dekonzentration des Wassers im Behälter stattfinden, um den Dampferzeugungsvorgang relativ wirkungsgradgünstig weiterbetreiben zu können. Die bekannte Regelung ist nun derart konzipiert, dass immer nur dann, wenn der sinkende Stromverlauf einen der beiden, den oberen oder den unteren Schwellenwert erreicht, ein Schaltvorgang ausgeführt wird. So erfolgt dann, wenn der sinkende Stromverlauf zeitlich nach Ablauf der gewählten relativen Verdampfungszeit oder gleichzeitig mit diesem Ablauf am unteren Schwellenwert anlangt, ein Öffnen des Frischwasserzulaufs oder dann, wenn der Stromverlauf vor Ablauf der relativen Verdampfungszeit am unteren Schwellenwert anlangt, für

die Dauer der Zeitdifferenz ein Ablassen des Wassers aus dem Behälter mit anschliessendem oder gleichzeitigem Zulauf von Frischwasser.

Ersichtlicherweise richtet sich die Regelung des Wasserzulaufs bei dem bekannten Verfahren stets nach einem Absinken des Stromverlaufs auf den unteren Schwellenwert, was ihr eine gewisse nachteilige Trägheit verleiht und eine flexiblere Dosierung einer wirtschaftlich optimalen Wasserzufuhr- bzw. -ablassmenge nicht zulässt. Auch ist es von Nachteil, dass die Ablasszeit, welche aus der Differenz zwischen der eingestellten relativen Verdampfungszeit und einer diesbezüglich kürzeren Absinkdauer des Stromverlaufs innerhalb des Messintervalls gebildet wird, auf die genannten Zusammenhänge der Differenzbildung beschränkt ist und daher nicht zur Steuerung von Betriebsabläufen herangezogen werden kann, für welche von den üblichen Regelungsvorgängen stark abweichende Ablassmengen gesteuert werden sollen. Diese Beschränkungen des bekannten Verfahrens beeinträchtigen vor allem seine Wirtschaftlichkeit bzw. den Wirkungsgrad des Gesamtprozesses. Wenn beispielsweise von dem im Behälter befindlichen Wasser, das auf Betriebstemperatur erwärmt wurde, unnötig viel Wasser abgelassen wird, muss der entsprechend bei der Frischwasserzufuhr nachzufüllende Mengenanteil wieder auf Betriebstemperatur erwärmt werden bis es wieder zur Dampferzeugung kommt, wozu vor allem bei grossen Behältern ein beträchtlicher Energieaufwand nötig ist. Ein solches unnötiges Ablassen von bereits erwärmtem Wasser im Behälter kann sich bei der Regelung nach dem bekannten Verfahren beispielsweise bei einer Sollwerterhöhung ergeben, und zwar wenn diese auf laufendem Zeitglied vorgenommen wird. Die bei einer Sollwerterhöhung zwangsläufig stattfindende Verschiebung der relativen oberen und unteren Strompegel des Messintervalls führt dazu, dass der untere Strompegel den sinkenden Stromverlauf schneidet. Wenn dies nach einer Zeit erfolgt, die kürzer ist als die am Zeitglied eingestellte relative Verdampfungszeit, hat dies ein Öffnen des Ablassventils bis zum Ablauf der voreingestellten Zeit zur Folge, und aus dem Behälter wird betriebswarmes Wasser abgelassen. Dieser Vorgang ist höchst unerwünscht, da bei einer Sollwerterhöhung auch das Gesamtniveau des im Behälter befindlichen Wassers steigen und somit eigentlich Wasser zugeführt werden sollte. Nun muss nach dem bekannten Verfahren die zuvor abgelassene Wassermenge durch Frischwasser ersetzt und auf Betriebstemperatur erwärmt werden. Auch geht durch einen derartigen unnötigen Wasserablass die Konzentration an leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteilen des Wassers zurück, was auch wieder ausgeglichen werden muss.

Ein weiterer Nachteil des bekannten Verfahrens besteht darin, dass vor dem Beginn der Verdampfung einer Leitwertänderung während des Erwärmens des Wassers im Verdampfungsbehälter auf Betriebstemperatur nicht in wirtschaftlich optimaler Weise Rechnung getragen werden kann. Wenn beispielsweise ein mit kaltem Wasser teilweise angefüllter Behälter nach dem bekannten Verfahren in Betrieb genommen wird, findet eine Messung des über die Elektroden fliessenden Stroms statt, der infolge des verminderten Leitwerts kalten Wassers niedrig ist. Nun wird nach einer gewissen Zeit der Wassereinlass geöffnet, damit das Wasserniveau steigt und damit auch der Strom, da die bekannte Regelung den gewählten Sollwert anstrebt. Infolge der fortschreitenden Erwärmung und Erhöhung der Leitfähigkeit des Wassers steigt aber der Strom über den Sollwert an und kann einen Sicherheitspegel erreichen. Bei diesem Pegel erfolgt nun ein Öffnen des Ablassventils, damit das Wasserniveau wieder gesenkt und dadurch der Strom reduziert wird. Nachteilig ist hierbei, dass bereits etwas erwärmtes und sogar

fast betriebswarmes Wasser abgelassen wird, für dessen Erwärmung vorher Energie zugeführt werden musste.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur kontinuierlichen Regelung eines Dampferzeugers zu schaffen, welches unter Vermeidung der Nachteile des Bekannten bei optimal geringem Energieaufwand einen Wirkungsgradgünstigen Betrieb gestattet, das an unterschiedliche Betriebsbedingungen auf einfache Weise anpassbar ist und unter allen Bedingungen einen störungssicheren Regelungsablauf gewährleistet, welches ferner mit kostengünstigen Bauelementen realisiert werden kann und eine insgesamt einfach zu bedienende und zu wartende betriebssichere Vorrichtung ergibt.

Die erfindungsgemässe Lösung dieser Aufgabe besteht bei einem eingangsdefinierten Verfahren in den im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen; die erfindungsgemässe Einrichtung ist im Patentanspruch 9 dargestellt.

Beim erfindungsgemässen Verfahren setzt der sinkende Stromverlauf beim Erreichen des oberen Strompegels des Messintervalls eine Zeitzählung in Gang, welche eine vorgegebene Zeitspanne, bezogen auf eine optimale relative Verdampfungszeit, dauert. Dabei ist es erfindungsgemäss bedeutsam, dass der sinkende Stromverlauf nicht vom oberen Strompegel bis zum unteren Strompegel des Messintervalls abzusinken braucht, bis eine Regelungsfunktion vollzogen wird, sondern dass dann, wenn innerhalb der vorgegebenen Zeitspanne der sinkende Stromverlauf den unteren Strompegel nicht erreicht, bereits am Ende der Zeitspanne der Wasserzulauf geöffnet und solange offengehalten wird, bis der Strom wieder auf den Sollwertbezogenen ersten Strompegel angestiegen ist. Das zufließende Wasser wird gemeinsam mit dem im Behälter verbliebenen Wasser auf die Verdampfungstemperatur erwärmt und der Dampferzeugungsprozess bei geschlossenem Wasserzu- und -ablauf fortgesetzt, so dass der Stromverlauf erneut sinkt. Es erfolgt kein Ablassen des Wassers aus dem Behälter, solange der sinkende Stromverlauf nicht vor Ablauf der jeweils gezählten Zeitspanne am unteren Strompegel des Messintervalls eintrifft. Mit Fortschreiten des Verdampfungsprozesses erhöht sich die Konzentration an leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteilen in dem im Behälter befindlichen Wasser bis der zwischen den Strompegeln sinkende Stromverlauf diese in einer kürzeren Zeit durchquert als die vorgegebene Zeitspanne dauert. Die Restzeit bis zum Ende der Zeitspanne wird nach der Erfindung mit einem vorgegebenen Wasserablass-Koeffizienten in Beziehung gesetzt und daraus eine Ablasszeit errechnet, für deren Dauer der Wasserablass geöffnet wird. Mit dieser erfindungsgemässen Massnahme ergibt sich die vorteilhafte Möglichkeit, unterschiedliche Wasserablassmengen je nach Wahl des Wasserablass-Koeffizienten vorsehen zu können und ferner, dass der Wasserablass während einer exakt bemessenen Zeitspanne vorgenommen werden kann, damit gerade so wenig betriebswarmes Wasser, wie unbedingt erforderlich, aus dem Behälter abgelassen wird. Am Ende der Ablasszeit wird der Wasserzulauf geöffnet und solange offengehalten, bis der Stromverlauf wieder auf den ersten Strompegel angestiegen ist. Nun wird der Dampferzeugungsprozess fortgesetzt.

Die erfindungsgemässe exakte Bestimmung der Wasserablasszeit, und die damit verbundene genaue Dosierung der Ablassmenge wirkt sich auch besonders vorteilhaft aus, wenn, beispielsweise beim Umstellen von einer hohen auf eine niedrige Betriebsleistung des Dampferzeugers, eine grosse Menge des im Behälter befindlichen Wassers hoher Konzentration abgelassen werden muss, so dass die Elektroden aus dem Wasserniveau austauschen könnten. Gemäss einer vorteilhaften Massnahme des erfindungsgemässen Ver-

fahrens wird der jeweilige Stromwert des sinkenden Stromverlaufs bei Beginn eines Wasserablasses, d.h. am unteren Strompegel des Messintervalls, gespeichert, und dieser Stromwert wird mit einem vorgegebenen Austausch-Sicherheitsfaktor multipliziert, der je nach dem Aufbau des Dampferzeugungsbehälters so gewählt wird, dass sich ein Austausch-Sicherheitsstromwert errechnen lässt, der oberhalb des bei einem Austauschen des Elektrodenpaares aus dem Wasserniveau fließenden Stromes liegt. Falls nun der über die Elektroden fließende Strom beim Wasserablass diesen Austausch-Sicherheitsstromwert erreicht bzw. unter diesen Wert absinkt, wird der Heizstromkreis unterbrochen. Zudem wird die Zeit zwischen dieser Unterbrechung und dem Ende des Wasserablasses erfasst, gespeichert und mit einem weiteren konstanten Faktor multipliziert. Der am Ende des Wasserablasses geöffnete Wasserzulauf lässt bei ausgeschaltetem Heizstromkreis solange Wasser ein, bis die um den vorgenannten Faktor multiplizierte Zeit abgelaufen ist. Jetzt wird der Heizstromkreis wieder eingeschaltet, da nun sichergestellt ist, dass die Elektroden in das Wasserniveau eingetaucht sind. Mit dem Abschalten der Elektroden in ausgetauchtem Zustand bzw. schon während des Austauschvorgangs wird vorteilhafterweise verhindert, dass zwischen dem Wasserniveau und den Elektrodenenden ein Funkenüberschlag stattfindet, der vor allem bei grösseren Strömen zu erheblicher Materialzerstörung führen kann.

Bei einer Änderung der Dampferzeugungsleistung wird die jeweils im Behälter befindliche, einer bestimmten Leistung entsprechende Wassermenge vermehrt oder verringert, damit über das Elektrodenpaar ein entsprechend grösserer oder kleinerer Strom fließen kann. Bei einer Erhöhung des Strom-Sollwerts werden die das Messintervall begrenzenden Strompegel mit angehoben, während der sinkende Stromverlauf, der dem Strom-Sollwert vor der Erhöhung entspricht, zunächst unverändert bleibt. Wird nun die Sollwertänderung zu einem Zeitpunkt vorgenommen, in dem eine die besagte Zeitspanne dauernde Zeitzählung bereits begonnen hat, wird bei einer Verschiebung des gesamten Messintervalls auf einen erhöhten, dem neuen Sollwert entsprechenden Wert auch der untere Strompegel, der vom sinkenden Stromverlauf noch nicht erreicht wurde, mit angehoben und kreuzt während des Anhebens den sinkenden Stromverlauf. Ein Auftreffen des sinkenden Stromverlaufs auf den unteren Strompegel des Messintervalls vor Ablauf der Zeitspanne dauernden Zeitzählung initiiert im normalen Betriebsfall ein Ablassen eines Teils des im Behälter befindlichen Wassers. Da aber eigentlich eine Leistungserhöhung und damit verbunden eine Vermehrung des Wassers im Behälter erreicht werden soll, muss ein unter den beschriebenen Umständen erfolgreicher Wasserablass auf jeden Fall vermieden werden, zumal das Wasser sowohl Betriebstemperatur besitzen als auch eine bereits günstige Konzentration an leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteilen enthalten könnte. Mit dem erfindungsgemässen Verfahren werden unter allen Betriebszuständen diesbezüglich eindeutige Verhältnisse geschaffen, indem vorteilhafterweise eine nach Beginn einer die besagte Zeitspanne dauernden Zeitzählung erfolgende Sollwertänderung zumindest bis zum Ablauf der eingeleiteten Zeitzählung nicht ausgeführt sondern gespeichert wird und die zu Beginn der Zeitzählung das Messintervall begrenzenden Strompegel fixiert werden, und ferner das sich jeweils einstellende Ergebnis am Ende der Zeitzählung nicht ausgeführt und die Sollwertänderung nach Ablauf der Zeitzählung vorgenommen wird.

Sollten nacheinander mehrere verschiedene Sollwertänderungen, die beispielsweise über mehrere ansteigende und abfallende Sollwertstufen führen, ausgeführt werden, kann der nach dem erfindungsgemässen Verfahren arbeitende

Dampferzeuger die einzelnen Sollwertstufen sowie die jeweilige Änderungsrichtung speichern und der Reihe nach ausführen, so dass auch unter wechselnden Betriebszuständen stets ein wirkungsgradmässig optimaler Betrieb sichergestellt ist.

Durch das erfindungsgemässe Verfahren werden auch die bei der Erwärmung des Wassers vor dem Verdampfungsbeginn ablaufenden Vorgänge in die Optimierung des Gesamtwirkungsgrads einbezogen. Um bei nicht verdampfungsbereit erwärmtem Wasser im Behälter ein einleitend beschriebenes Überfüllen mit anschliessendem Ablassen auszu-schliessen, wird erfindungsgemäss vor Verdampfungsbeginn der während des Erwärmens des Wassers ansteigende Stromverlauf erfasst, und zwar vorteilhafterweise über eine in kurzen Intervallen stattfindende Strom-Differenzmessung, bis eine den Verdampfungsbeginn anzeigende Richtungsänderung des Stromverlaufs festgestellt wird. Falls nun der bei Richtungsänderung gemessene Stromwert vom Sollwertbezogenen ersten Strompegel abweichen sollte, wird der Wasserzulauf geöffnet und die noch erforderliche Wassermenge ergänzt. Sobald sich das im Behälter befindliche Wasser auf Betriebstemperatur befindet, kann die während des Verdampfens stattfindende messintervallbezogene Regelung angeschlossen werden.

Auch ist es mit dem erfindungsgemässen Verfahren möglich, beispielsweise bei einem Austausch eines durch Mineralienablagerung unbrauchbar gewordenen Dampferzeugungsbehälters den Betrieb des Dampferzeugers unverzüglich aufzunehmen, indem eine bei leerem Dampferzeugungsbehälter gemessene Stromunterbrechung zwischen den Elektroden eine rasche Öffnung des Wasserzulaufs zur Folge hat, wobei ab einem bestimmten Wasserniveau, bei dem das Elektrodenpaar eingetaucht ist, die vorstehend beschriebene Strom-Differenzmessung während des Erwärmens des Wassers durchgeführt werden kann.

Im Betrieb eines nach dem erfindungsgemässen Verfahren arbeitenden Dampferzeugers können Störungen verschiedener Art auftreten, die sowohl mit dem Dampferzeuger selbst als auch mit den mit ihm verbundenen Einrichtungen zusammenhängen können. Beispielsweise kann die Betriebsspannung ausfallen, der Wasserdruk zu niedrig oder zu hoch sein, der Wassereinlass- oder -auslass kann verstopft sein oder es kann der Behälter aufgrund einer langen Betriebsdauer durch Mineralablagerungen unbrauchbar geworden sein und muss ersetzt werden. Damit derartige abnormale Betriebszustände möglichst rasch erfasst und behoben werden können, werden vorteilhafterweise einige typische Funktionen des Dampferzeugers in bestimmten Zeitintervallen überprüft, und beim Feststellen einer Funktionsstörung wird diese in ein in die Art eines abnormalen Betriebszustandes kennzeichnendes Signal umgesetzt und zur Anzeige gebracht. Mit Hilfe dieser vorteilhaften Verfahrens-massnahme lassen sich eventuell auftretende Störungen rasch und gezielt auf ihre Ursachen zurückführen und die betriebliche Wartung erheblich vereinfachen.

Bei der Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens ermöglicht der Einsatz eines Mikroprozessors in der Regelungseinrichtung, die vielgestaltigen geschilderten Regelungsabläufe mit einem minimalen Aufwand an Bauelementen zu realisieren. Auch lassen sich eine ganze Reihe weiterer, hier nicht erwähnter Funktionssequenzen zusätzlich zum Normalbetrieb der Vorrichtung allein durch Programmieren des Mikroprozessors vorbereiten. So könnte beispielsweise eine über mehrere Stunden oder Tage abgestuft verlangte Verdampfungsleistung ohne weiteres programmiert werden. Auch wäre es möglich, eine Reglerfunktion und das Zeitverhalten eines Reglers, welcher den Sollwert der Vorrichtung vorgibt, in den Mikroprozessor

zu integrieren, wodurch ein externer Regler entfallen könnte.

Die bei der Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens vorteilhafte Verwendung von Kodierschaltern erlaubt z.B. eine Kodierung der Dampferzeugerleistung je nach vorliegender Netzspannung, entsprechendem Strom und der Anzahl der im Dampferzeugungsbehälter vorgesehenen Elektroden. Ausserdem können unterschiedliche Zeiten, welche die beschriebene Zeitspanne relativer Verdampfungszeit bestimmen, je nach Betriebsanforderungen über die Schalter kodiert werden; auch können unterschiedliche Ablasskoeffizienten, mit welchen die besagte Zeitspanne in Beziehung gesetzt wird, über Kodierschalter eingestellt werden. Da über die Kodierschalter unterschiedliche Steuerparameter für den jeweils optimalen Betrieb einer Vorrichtung eingegeben werden können, kann die Regelungseinrichtung selbst aus einem Grundtyp bestehen und entsprechend kodiert für Vorrichtungen unterschiedlicher Betriebseigenschaften verwendet werden. Dadurch werden der Produktions- und Lagerhaltungsaufwand erheblich vereinfacht und verbilligt.

Nachstehend wird anhand von Zeichnungen der erfindungsgemässe Verfahren im einzelnen erläutert und ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Einrichtung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer Vorrichtung zur Dampferzeugung nach den Merkmalen der Erfindung,

Fig. 2 eine graphische Darstellung zur Veranschaulichung des Stromverlaufs bei verschiedenen Betriebszuständen der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung,

Fig. 2a einen Ausschnitt aus dem in Fig. 2 gezeigten Stromverlauf,

Fig. 3 ein vereinfachtes Flussdiagramm zur Verdeutlichung der Funktionsweise einer Regelungseinrichtung, wie sie bei der Vorrichtung gemäss Fig. 1 Verwendung findet.

In Fig. 1 ist ein Dampferzeugungsbehälter 1 schematisch in Längsschnittdarstellung abgebildet, der bis zu einem ange-deuteten Niveau mit Wasser gefüllt ist. In das Wasser ist ein Elektrodenpaar 3 teilweise eingetaucht, welches über aus dem Behälter herausgeführte Leitungen und einen Schütz 2 an Netzspannung gelegt werden kann. Je nach der gewünschten Dampferzeugungsleistung und der zur Verfügung stehenden Netzspannung können im Behälter zwei, drei oder sechs Elektroden untergebracht sein. Ein von der oberen Begrenzungswandung des Dampferzeugungsbehälters 1 in seinen Innenraum hineinragender Wasservollstand-Sensor 4 wird betätigt, wenn das Wasserniveau bis an das Sensorelement angestiegen ist. An der gemäss Fig. 1 unteren Abschlusswandung des Dampferzeugungsbehälters 1 befindet sich eine kombinierte Einlass- und Ablass-Ventilanordnung. Diese umfasst einen Frischwasserzulauf 5, der direkt an ein Wasserleitungsnetz angeschlossen sein kann und ein Einlassventil 6, welches den Frischwasserzulauf öffnet und schliesst. Das über den Frischwasserzulauf 5 und das Einlassventil 6 in den Dampferzeugungsbehälter 1 einströmende Wasser tritt durch ein am unteren Ende des Behälterbodens vorgesehenes Sieb 14 hindurch. Ferner weist die kombinierte Einlass- und Ablassventilanordnung einen Wasserablass 7 und ein Ablassventil 8 auf. Der Wasserablass 7 kann direkt an ein Abflussrohrsystem angeschlossen sein oder in ein beliebiges Ablassreservoir einmünden. Das Ablassventil 8 schliesst und öffnet den Wasserablass 7. In der oberen Begrenzungswandung des Dampferzeugungsbehälters 1 befindet sich ein Dampfauslass 9, über den der erzeugte Dampf direkt oder über eine Leitdüsenanordnung in einen

zu befeuchtenden Raum hinein austreten kann; an den Dampfauslass 9 kann auch eine Leitung angeschlossen sein, über welche der Dampf beispielsweise einer Klimatisierungsanlage zugeführt werden kann.

Die Dampferzeugung geschieht auf sehr einfache Weise: Wenn das im Dampferzeugungsbehälter 1 befindliche Leitungswasser das Elektrodenpaar 3 umgibt und dieses an Netzspannung gelegt wird, bildet sich unter Nutzung des Wassers als elektrischer Heizwiderstand ein Heizstromkreis, welcher das Wasser rasch erwärmt und, sobald es eine Verdampfungstemperatur erreicht hat, Dampf erzeugt, der aus dem Dampfauslass 9 austritt. Sobald die Dampferzeugung begonnen hat und der Dampf austreten kann, sinkt das im Behälter 1 befindliche Wasserniveau, wodurch das Elektrodenpaar 3 immer weiter aus dem Wasserniveau austaucht. Eine Zufuhr von Frischwasser über den Frischwasserzulauf 5 und das Einlassventil 6 lässt das Wasserniveau wieder ansteigen, das Frischwasser wird rasch auf Verdampfungstemperatur erwärmt und der Dampferzeugungsprozess wird fortgesetzt. Ersichtlicher Weise lässt sich der Frischwasserzulauf über das Einlassventil 6 derart dosieren, dass praktisch keine Unterbrechung der Dampferzeugung aufzutreten braucht. Da mit dem aus dem Dampferzeugungsbehälter 1 austretenden Dampf die im Wasser enthaltenen leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteile nicht mitgenommen werden, sondern im Dampferzeugungsbehälter 1 zurückbleiben, steigt trotz periodischen Nachfüllens von Frischwasser die Konzentration an leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteilen an. Für die Einhaltung einer optimalen Dampferzeugungsleistung ist es notwendig, nach einer gewissen Betriebsdauer eine Dekonzentration des im Behälter befindlichen Wassers durch Ablassen vorzunehmen. Dazu wird das Ablassventil 8 für eine bestimmte Ablasszeit geöffnet, so dass konzentriertes, auf Betriebstemperatur erwärmtes Wasser über den Wasserablass 7 abfließen kann. Ein anschliessender Zulauf von Frischwasser nach Öffnen des Einlassventils 6 hebt das im Behälter verbleibende Wasserniveau wieder an und verringert gleichzeitig die Gesamtkonzentration an leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteilen.

Aufgrund des während des Verdampfens kontinuierlich absinkenden Wasserniveaus und der sich ändernden Konzentration an leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteilen im Wasser verändert sich der über das Elektrodenpaar 3 fließende Strom. Dieser Strom sowie auch die sich während des Erwärmungsvorgangs des Wassers auf Verdampfungstemperatur ergebenden Stromänderungen werden über einen Messwertgeber 10, der als Stromwandler ausgeführt sein kann, erfasst und einer auto-adaptiven Regelungseinrichtung 11 zugeführt. Diese Regelungseinrichtung 11 steuert den Schütz 2, das Einlassventil 6, das Ablassventil 8 sowie eine Anzeigeanordnung 13.

Die auto-adaptive Regelungseinrichtung 11 ist mit einem Mikroprozessor versehen, der entsprechend programmiert ist, dass unterschiedlichste Betriebszustände bei optimalem Wirkungsgrad arbeiten, wodurch das erfindungsgemässe Verfahren stets bei geringstem Energieaufwand eine hohe Dampferzeugungsleistung erbringt.

Nachstehend wird anhand der Fig. 2 und 2a der Ablauf der dem erfindungsgemässen Verfahren zugrundeliegenden Regelung erläutert. Auf der Ordinate des in Fig. 2 gezeigten Diagramms sind die der Dampferzeugungsleistung entsprechenden Stromwerte, bezogen auf einen angenommenen Sollwert, der mit 100% gekennzeichnet ist, dargestellt. Bei 112% befindet sich ein erster Strompegel I_1 , der den Verdampfungsbeginn bei geschlossenem Frischwasserzulauf 5 und ebenfalls geschlossenem Wasserablass 7 angibt. Eine Frischwasserzufuhr über das Einlassventil 6 erfolgt somit, bis der Heizstrom an diesem ersten Strompegel I_1 angelangt ist,

dessen Grösse nach verfahrenspraktischen Kriterien auf den angegebenen Wert festgelegt wurde. Unterhalb des ersten Strompegels I_1 und unterhalb des Sollwerts befindet sich zwischen einem oberen Strompegel I_0 und einem unteren Strompegel I_u ein Messintervall, welches, bezogen auf den Sollwert, bei 95% bzw. 90% liegt. Dieses Messintervall ist in Fig. 2a vergrössert dargestellt. Eine Austausch-Sicherheitsschwelle ist bei 40% des Sollwerts eingezeichnet und repräsentiert einen Strom I_A , der kurz vor einem Austauschen der Elektroden aus dem Wasserniveau, beispielsweise bei geöffnetem Ablassventil 8, über das Elektrodenpaar 3 fliesst. Bei 140% des Sollwerts ist ein Überstrompegel I_s erreicht, bei dem der Schütz 2 das Elektrodenpaar vom Netz abschaltet.

Für die Erläuterung des in der linken Hälfte von Fig. 2 dargestellten Stromverlaufs wird vorausgesetzt, dass der in Fig. 1 gezeigte Dampferzeugungsbehälter 1 bis zu einem Niveau mit Wasser gefüllt ist, welches dem in Fig. 2 eingetragenen Sollwert entspricht. In der Darstellung ist der Stromverlauf durch gerade Linien wiedergegeben, was eine Vereinfachung darstellt, da das Absinken des Stroms in Wirklichkeit nach einer Exponentialfunktion stattfindet. Für die hier angeestellten Betrachtungen wird dieses physikalische Grundprinzip durch einen geraden Stromverlauf vereinfacht.

Wenn ein Strom über das Elektrodenpaar 3 fliesst und das im Behälter befindliche Wasser erwärmt, steigt infolge des temperaturabhängig ansteigenden Leitwerts der Stromverlauf an und erreicht am Siedepunkt des Wassers den ersten Strompegel I_1 bei 112% des Sollwerts. Das Wasser beginnt zu verdampfen, so dass (bei geschlossenem Einlass- und Ablassventil 6, 8) der Wasserspiegel im Behälter 1 sinkt und sich die Eintauchtiefe des Elektrodenpaares 3 entsprechend verringert; der über das Elektrodenpaar fließende Strom sinkt ebenfalls. Dem Messintervall ist eine bestimmte Zeitspanne T zugeordnet, die zwischen den beiden Strompegeln I_0 und I_u eine optimale Zeitspanne relativer Verdampfungszeit vorgibt. Über die auto-adaptive Regelungseinrichtung 11 wird die Zeitabfolge dieser Zeitspanne jedesmal dann in Gang gesetzt, wenn ein sinkender Stromverlauf den oberen Pegel I_0 erreicht. Es können nun zwei für die Regelung typische Zustände auftreten. Wenn die Konzentration an leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteilen im Wasser geringer ist als die für den Betrieb als optimal angesehene Konzentration, ist der sinkende Stromverlauf insgesamt flacher und erreicht, wie es bei dem ersten sinkenden Stromverlauf in Fig. 2 gezeigt ist, während der festgesetzten Zeitspanne T nicht den unteren Pegel I_u . Sobald dies bei Ablauf der Zeitspanne von der Regelungseinrichtung 11 festgestellt wird, betätigt diese das Einlassventil 6, so dass über den Frischwasserzulauf 5 Wasser in den Behälter 1 einströmt; dadurch steigt das Wasserniveau, bis bei der dem ersten Strompegel I_1 entsprechenden Menge das Einlassventil 6 wieder geschlossen wird. Der Dampferzeugungsprozess wird bei geschlossenen Einlass- und Ablassventilen fortgesetzt, und der Stromverlauf sinkt erneut ab. Bei dem zweiten sinkenden Stromverlauf in Fig. 2 ist ein Betriebszustand eingezeichnet, bei dem die Konzentration an leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteilen optimal ist, d.h. dass der Stromverlauf während der Zeitspanne T das Messintervall durchquert und am unteren Pegel I_u das Einlassventil 6 wieder durch die Regelungseinrichtung 11 betätigt wird und sich der vorstehend beschriebene Vorgang wiederholt.

Bei der in Fig. 2 gezeigten dritten Kurve des sinkenden Stromverlaufs wird vorausgesetzt, dass die Konzentration an leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteilen so gross geworden ist, dass es für einen weiteren Betrieb bei optimalen Bedingungen notwendig wäre, einen gewissen Teil des im Behälter befindlichen Wassers abzulassen, um eine Dekonzentration vorzunehmen. Die Regelungsvorgänge im Zusammenhang

mit dem Ablassen von Wasser werden anhand der Darstellung in Fig. 2a erläutert, die eine Vergrößerung des umrahmten Abschnitts in Fig. 2 darstellt. Der sinkende Stromverlauf erreicht auch in diesem Fall den oberen Strompegel I_o , wodurch die Zeitzählung für die Dauer der Zeitspanne T in Gang gesetzt wird. Sobald der das Messintervall durchquerende sinkende Stromverlauf, der infolge der hohen Leitfähigkeit des Wassers relativ steil geneigt ist, am unteren Strompegel I_u anlangt, wird festgestellt, wie gross die bis zum Ablauf der Zeitspanne T dauernde Restzeit T_R ist. Aus dieser Restzeit und einem in der Regelungseinrichtung 11 gespeicherten Ablasskoeffizienten K wird eine Ablasszeit T_k errechnet, und für die Dauer dieser Ablasszeit T_k steuert die Regelungseinrichtung 11 das Ablassventil 8 an, welches öffnet und die entsprechende Menge Wasser aus dem Behälter 1 ausströmen lässt. Am Ende der Ablasszeit T_k wird das Ablassventil 8 geschlossen, und über die Regelungseinrichtung 11 das Einlassventil 6 geöffnet; die nun folgende Frischwasserzufuhr hält an, bis das dem Sollwert entsprechende Wasserniveau erreicht ist und der Stromverlauf wieder auf den ersten Strompegel I_o ansteigen kann. Der sich nun anschliessende Regelungszyklus kann beispielsweise dem des ersten sinkenden Stromverlaufs in Fig. 2 entsprechen.

Die genaue Bestimmung der Wasserablassmenge ist, wie vorstehend erläutert, für eine wirkungsgradgünstige Funktion von grosser Wichtigkeit. Der Einsatz eines Mikroprozessors in der auto-adaptiven Regelungseinrichtung ermöglicht eine praktisch sofortige Ermittlung der jeweils erforderlichen Ablasszeit T_k .

In der rechten Hälfte von Fig. 2 ist ein Stromverlauf dargestellt, der sich ergeben kann, wenn beispielsweise aufgrund einer starken Sollwertänderung derart viel Wasser aus dem Verdampfungsbehälter 1 abgelassen werden muss, dass es zu einem Austausch des Elektrodenpaares 3 aus dem Wasserniveau kommen kann. Bei einem solchen Austausch wird der über das Wasser gebildete Heizstromkreis unterbrochen, und es kann zwischen dem absinkenden Wasserniveau und den Elektroden während des Austauschs zu einer heftigen Funkenbildung kommen. Um dies auszuschliessen, ist eine Austausch-Sicherheitsschwelle vorgesehen, welche beim dargestellten Ausführungsbeispiel 40% des Sollwerts beträgt. Bei dieser Schwelle fliesst ein Strom I_A über die noch in das Wasser eingetauchten Elektroden. Die Regelungseinrichtung 11 speichert zu Beginn eines Wasserablasses (unterer Strompegel I_u gemäss Fig. 2a) den entsprechend des eingestellten Betriebszustandes fliessenden Strom und multipliziert diesen Stromwert mit einem vorgegebenen Austausch-Sicherheitsfaktor. Wenn nun beim weiteren Ablassen des Wassers der über das Elektrodenpaar fliessende Strom den Austausch-Sicherheitsstromwert erreicht, betätigt die auto-adaptive Regelungseinrichtung 11 den Schütz 2, und dieser schaltet das Elektrodenpaar 3 vom Netz ab. Der Ablassvorgang des Wassers wird weitergeführt, bis die errechnete Ablasszeit T_k abgelaufen ist. Dann wird das Ablassventil 8 geschlossen und das Einlassventil 6 geöffnet, so dass Frischwasser zulaufen kann. Das Wasserniveau steigt an und benetzt nun wieder das Elektrodenpaar 3. Die Zeit zwischen der Abschaltung vom Netz und dem Ende des Wasserablasses wurde von der Regelungseinrichtung 11 ebenfalls erfasst und gespeichert und wird gemäss einer bevorzugten Verfahrensmassnahme mit dem Faktor 3 multipliziert. Wenn somit eine Zeit von $3T$ nach Beginn des sich an den Wasserablass anschliessenden Wasserzulaufs vergangen ist, steuert die Regelungseinrichtung 11 den Schütz 2 an, damit dieser das Elektrodenpaar 3 wieder an das Netz schaltet und das Wasser auf Betriebstemperatur erwärmt und anschliessend verdampft werden kann. Nach einem solchen Ablassen einer grossen Wassermenge

aus dem Behälter 1 schliesst sich die erläuterte Regelung innerhalb des Messintervalls nach den durch den neuen Sollwert festgelegten Kriterien an.

In Fig. 1 ist die kombinierte Einlass- und Ablassventilanordnung durch ein Sieb 14 abgedeckt. Dieses Sieb verhindert, dass Mineralablagerungen in die Ventile gelangen, die deren Betrieb stören könnten. Um ein Verstopfen des Siebs 14 zu verhindern, kann es von Zeit zu Zeit hilfreich sein, den Wasserzulauf bereits vor dem Ende des Wasserablaufs zu öffnen, so dass eine Art Gegenspülwirkung in der Einlass- und Ablassventilanordnung erzeugt wird, welche die Bildung von Ablagerungen zumindest erschwert.

Bei der bisherigen Beschreibung der in den Fig. 2 bzw. 2a dargestellten Stromverläufe wurde stets davon ausgegangen, dass die das Messintervall begrenzenden oberen und unteren Strompegel I_o und I_u während der Messvorgänge festliegen. Bei jeder Änderung des Sollwerts ändert sich entsprechend die Lage des Messintervalls, d.h. es verschiebt sich in dem dargestellten Koordinatensystem nach oben oder nach unten. Würde nun eine solche Sollwertänderung vorgenommen werden, wenn ein sinkender Stromverlauf den oberen Pegel I_o des Messintervalls bereits erreicht hat und eine Zeitzählung für die Zeitspanne T in Gang gesetzt wurde, könnte der Fall, beispielsweise bei einer Erhöhung des Sollwerts, eintreten, dass der in der Darstellung nach oben verschobene untere Strompegel I_u den sinkenden Stromverlauf schneidet, bevor die innerhalb der Zeitspanne T vorzunehmende Erfassung des Stromverlaufs zu Ende geführt werden konnte. Die Regelungseinrichtung 11 würde beim Auftreffen des unteren Pegels I_u auf den Stromverlauf vor deren Ende der Zeitspanne T so reagieren, wie vorstehend für den Ablassvorgang beschrieben. Um derartige, die auto-adaptive Regelungseinrichtung 14 «täuschende» Änderungen der relativen Lage des Messintervalls auszuschliessen, ist vorgesehen, eine nach Beginn einer die besagte Zeitspanne T dauernden Zeitzählung erfolgende Sollwertänderung nicht auszuführen, sondern in der Regelungseinrichtung 11 zu speichern, so dass die zu Beginn der Zeitzählung das Messintervall begrenzenden Strompegel I_o und I_u noch so lange fixiert bleiben, bis die auf die Zeitspanne T bezogene Erfassung des Stromverlaufs beendet ist. Vorzugsweise wird bei einer während einer laufenden Zeitzählung erfolgenden Sollwertänderung das Ergebnis der gleichzeitig laufenden Erfassung des Stromverlaufs nicht ausgeführt sondern abgewartet, welche Regelungskriterien sich nach den neuen Sollwertbedingungen ergeben.

Wenn Sollwertänderungen beispielsweise in Form einer über längere Zeiträume vorprogrammierten Betriebsabfolge, über mehrere ansteigende und abfallende Sollwertstufen vorgenommen werden sollen, können die Sollwertstufen und auch die jeweilige Änderungsrichtung von der Regelungseinrichtung 11 gespeichert und in der gewünschten Reihenfolge ausgeführt werden.

Solange vor Verdampfungsbeginn das Wasser noch nicht die Betriebstemperatur erreicht hat, steigt der Leitwert des Wassers mit zunehmender Temperatur. Von der Regelungseinrichtung 11 wird der während des Erwärmens des Wassers ansteigende Stromverlauf (vgl. Fig. 2) erfasst, indem in kurzen Intervallen von beispielsweise 15 sec Strom-Differenzmessungen vorgenommen werden, die anzeigen, ob der Stromverlauf immer noch steigt, oder ob er bereits sinkt, wodurch der Verdampfungsbeginn angezeigt werden würde. Auf diese Weise wird zunächst die jeweils im Behälter befindliche Menge Wasser auf Betriebstemperatur erwärmt. Sobald über die Strom-Differenzmessungen eine Richtungsänderung festgestellt wird, und der dabei gemessene Stromwert von dem des sollwertbezogenen ersten Strompegels I_o abweicht, erfolgt eine entsprechende Nachregulierung, beim

geschilderten Beispiel durch Öffnen des Einlassventils, bis im Behälter der dem eingestellten Sollwert entsprechende Wasserstand erzielt ist.

Wenn z.B. nach einem Austausch eines durch Mineralablagerung betriebsunfähig gewordenen Dampferzeugungsbehälters 1 noch kein Wasser eingelassen wurde, stellt die auto-adaptive Regelungseinrichtung 11 nach kurzer Einschaltdauer fest, dass über das Elektrodenpaar 3 kein Strom fließt und öffnet das Einlassventil 6, so dass der Wasserzulauf rasch eingeleitet wird. Ab einem bestimmten Wasserniveau wird bei eingetauchtem Elektrodenpaar 3 die vorstehend beschriebene Strom-Differenzmessung während des Erwärmens des Wassers durchgeführt.

Nach einer längeren Betriebsdauer lagern sich im Dampferzeugungsbehälter 1 Mineralien ab und sein wasseraufnehmender Querschnitt verringert sich, bis die zur Verfügung stehende Wassermenge nicht mehr ausreicht, eine bestimmte Verdampfungsleistung zu erbringen. Wenn der Vollstand-Sensor 4 durch das Wasserniveau erreicht wird, bevor bei auf Betriebstemperatur erwärmtem Wasser ein dem ersten Strompegel I₁ entsprechender Strom fließt, lässt sich die durch den Sollwert vorgegebene Verdampfungsleistung praktisch nicht mehr erreichen und der Dampferzeugungsbehälter muss ausgetauscht werden. Der vorgenannte Fall betrifft einen sogenannten abnormalen Betriebszustand des Dampferzeugers, der neben anderen, nachstehend anhand von Fig. 3 beschriebenen weiteren abnormalen Betriebszuständen, von der auto-adaptiven Regelungseinrichtung 11 erfasst und über die Anzeigeanordnung 13 sichtbar oder akustisch vernehmbar gemacht wird.

Sämtliche beschriebenen und weitere vorgesehenen Verfahrensabläufe und Funktionen sind Bestandteile des Programms des Mikroprozessors, den die Regelungseinrichtung 11 aufweist. In Fig. 3 ist ein vereinfachtes Flussdiagramm der beschriebenen Regelung dargestellt. Sämtliche in diesem Flussdiagramm angegebenen Funktionen, wie das Abfragen von Störungen, von bestimmten Betriebszuständen usw. werden mit Hilfe des Mikroprozessors realisiert.

Für eine Eingabe mit unterschiedlichen Betriebsparametern ist die Regelungseinrichtung 11 mit Kodierschaltern 12 versehen, welche dieser bzw. dem Mikroprozessor die gewünschten Werte, wie die Dampferzeugerleistung, die Netzspannung, die Anzahl der Elektroden (ob zwei, drei oder sechs Elektroden), den gewünschten Wasserablasskoeffizienten K und die Dauer der Zeitspanne T eingeben. Beispielsweise lassen sich vier Zeiten mit 50, 60, 80 und 150 Sekunden durch zwei Kodierschalter einstellen, und mit zwei weiteren Kodierschaltern kann ein bestimmter Ablasskoeffizient K aus vier Ablasskoeffizienten ausgewählt werden, z.B. kann K = 2, 3, 4 oder 5 sein. Somit sind über einfache Eingabemittel viele Kombinationen zwischen der Zeitspanne T und den Ablasskoeffizienten möglich, beispielsweise T = 50 sec mit K = 4 usw. Die in Fig. 3 ferner eingetragenen Parameter «Option + 10%» und «gleitende Schwelle» stellen Beispiele für Parameter-Erweiterungen dar, um Verfahrensabläufe, die ausserhalb des normalen Betriebsrahmens liegen, vorzusehen. An der in Fig. 3 rechten Seite der auto-adaptiven Regelungseinrichtung 11 sind die verschiedenen Betriebsdaten und gesteuerten Elemente angegeben, die in Fig. 1 dargestellt sind. Zusätzlich sind zwei Tasteneingänge mit «manueller Ablass» und «Anzeige-Wahl» bezeichnet. Die zugehörigen Tasten zu diesen Eingängen befinden sich auf der Bedienungstafel der Vorrichtung. «Manueller Ablass»

bedeutet ein von der Regelungseinrichtung 11 unabhängiges Ablassen des im Behälter befindlichen Wassers, beispielsweise zum Zwecke des Austauschens eines Dampferzeugungsbehälters. Der Eingang «Anzeige-Wahl» bezieht sich auf die Anzeigeanordnung 13. Diese ist vorzugsweise mit einer dreistelligen Sieben-Segment-Anzeige versehen, und über eine (nicht gezeigte) Wahltaste lassen sich verschiedene aktuelle Betriebsdaten abrufen. Diese erscheinen dann auf der Sieben-Segment-Anzeige gemeinsam mit einer Anzeige für die Bezeichnung der jeweils abgerufenen Information auf einem Signalfeld.

Die in Fig. 3 dargestellten, über das Programm des Mikroprozessors der auto-adaptiven Regelungseinrichtung 11 ständig abgefragten und koordinierten Funktionen bedeuten im einzelnen:

a) Störung F1 «Überstrom»: Diese Störung liegt dann vor, wenn ein Heizstrom mit mindestens 140% des Sollwerts gemessen wird (vgl. Fig. 2). Die Vorrichtung wird bei dieser Störung über den Schütz 2 abgeschaltet und auf der Anzeigeanordnung 13 wird F1 angezeigt.

b) Störung F2 «Es fließt kein Strom bei maximalem Wasserspiegel»: Wenn der Vollstand-Sensor 4 aufgrund des bis zu ihm angestiegenen Wasserniveaus aktiviert wird und kein Strom über das Elektrodenpaar 3 fließt, wird die Störung F2 angezeigt und gleichzeitig das Einlassventil 6 geschlossen.

c) Störung F3 «25 Min.-Einlass»: Wie beschrieben wird bei Betriebsbeginn und noch nicht erwärmtem Wasser im Dampferzeugungsbehälter 1 das Einlassventil 6 geöffnet und Wasser einlaufen gelassen, bis entweder der Vollstand-Sensor 4 aktiviert ist oder der bei der Erwärmung des Wassers steigende Stromverlauf den ersten Strompegel I₁ erreicht. Normalerweise dauert es einige Minuten, bis einer dieser Zustände erreicht ist. Dann wird das Einlassventil 6 geschlossen. Die Störung F3 meldet, dass das Einlassventil länger als 25 Min. ununterbrochen geöffnet war, ohne dass einer der genannten Schaltfunktionen ausgeführt wurde. Auch bei dieser Störung wird das Einlassventil geschlossen; die Vorrichtung bleibt in Betrieb.

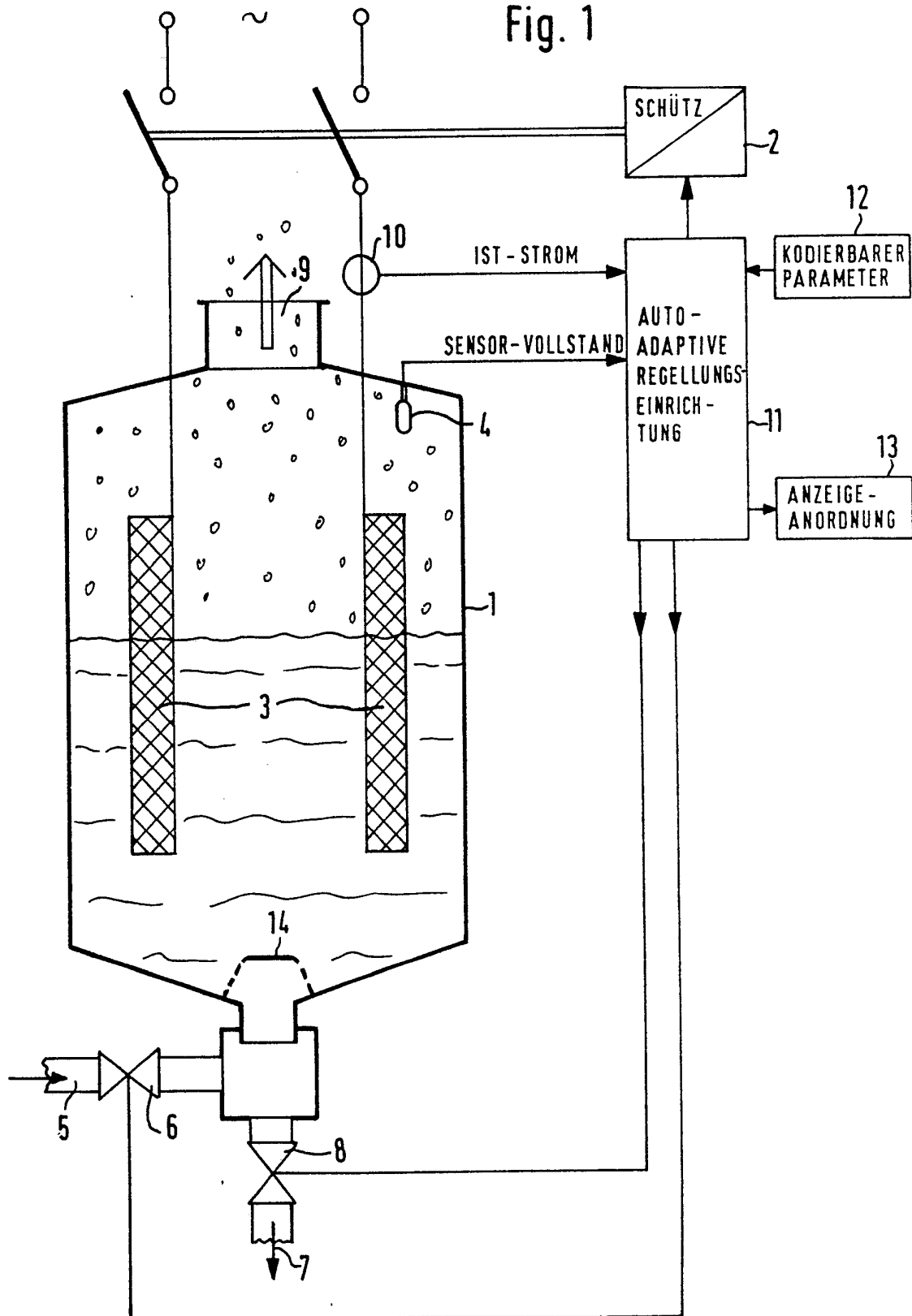
d) Störung F4 «Zylinder verbraucht»: Dieser Störfall wurde vorstehend beschrieben. Er wird in der Anzeigeanordnung 13 angezeigt; die Vorrichtung bleibt auch hier in Betrieb.

e) Störung F5 «Kein Heizstrom»: Bei entleertem Dampferzeugungsbehälter 1 fließt über das Elektrodenpaar 3 kein Strom. Wird die Vorrichtung in Betrieb genommen, sollte das Einlassventil 6 öffnen und der Wasserzulauf in einer bestimmten Zeit die Elektroden eintauchen lassen. Die Störung F5 wird dann angezeigt, wenn nach bestimmten Zeiten noch kein Stromfluss über das Elektrodenpaar festgestellt wird. Die Zeiten richten sich nach der Anzahl der Elektroden im Dampferzeugungsbehälter. Sie betragen z.B. 5 Min. für Dampferzeugungsbehälter mit zwei Elektroden, 7 Min. bei Behältern mit drei Elektroden und 12 Min. bei Behältern mit sechs Elektroden.

f) Störung F6 «Strom steigt nicht»: Diese Störung F6 wird angezeigt, wenn die gewünschte Steigerung der Dampfproduktion nicht erreicht wird.

Die Anzeigeanordnung 13 kann auch als Fernanzeige ausgeführt und damit vom Standort der Vorrichtung unabhängig, beispielsweise in einer Schaltzentrale untergebracht werden.

Fig. 1



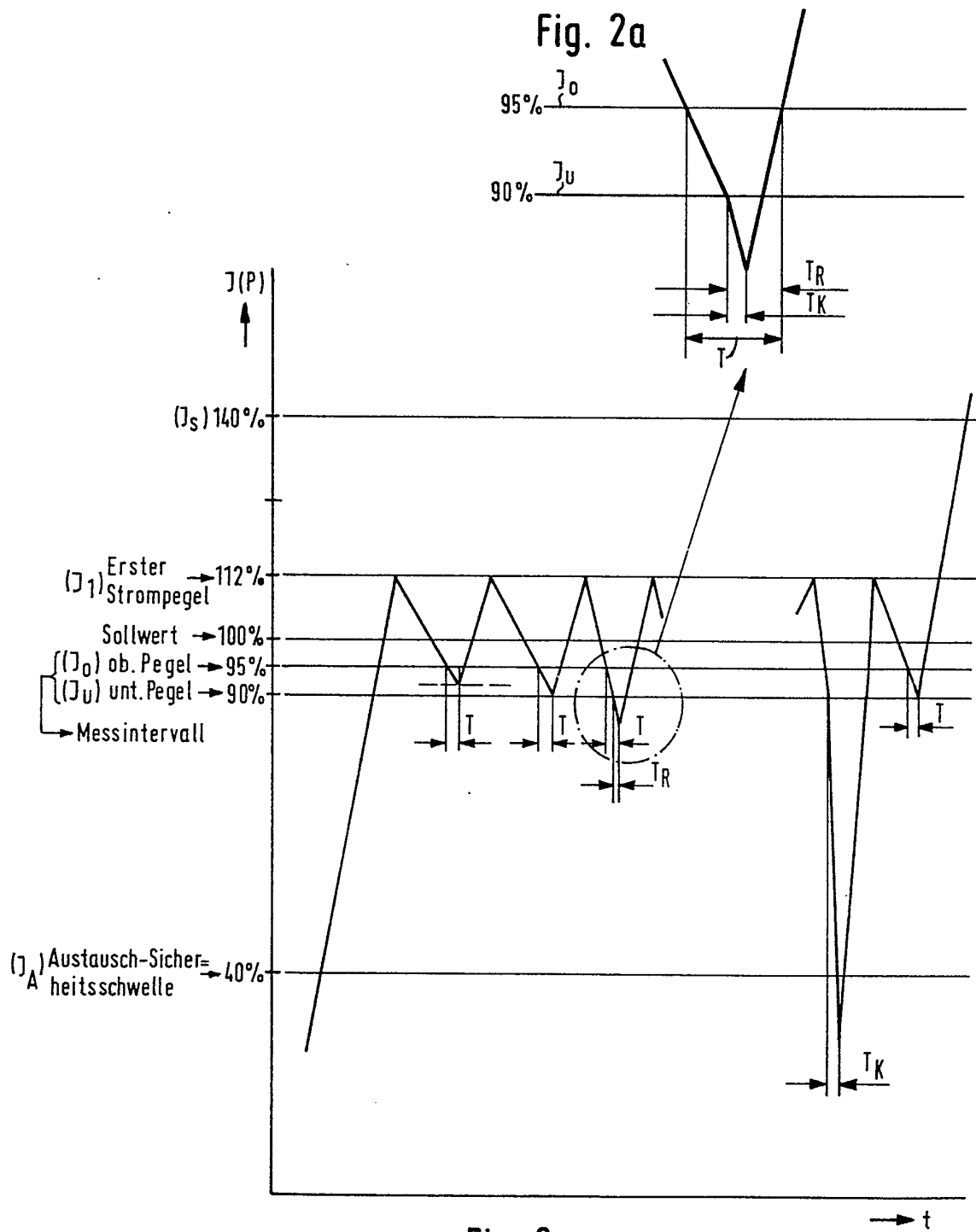


Fig. 3

