

(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 2297/93

(51) Int.Cl.⁶ : **G05D 27/02**

(22) Anmeldetag: 12.11.1993

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 7.1995

(45) Ausgabetag: 25. 3.1996

(56) Entgegenhaltungen:

US 4469026A US 3933764A

(73) Patentinhaber:

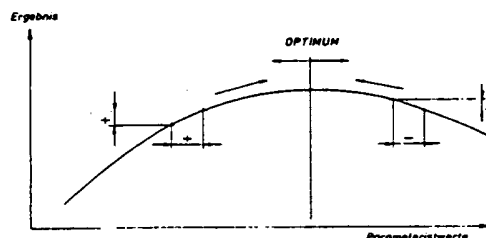
ANDRITZ-PATENTVERWALTUNGS-GESELLSCHAFT M.B.H.
A-8045 GRAZ, STEIERMARK (AT).

(72) Erfinder:

CADEK WALTER DIPL.ING.
GRAZ, STEIERMARK (AT).

(54) VERFAHREN ZUM REGELN DES ABLAUFES EINES KONTINUIERLICHEN TECHNISCHEN VERFAHRENS BZW. VERFAHRENSSCHRITTS

(57) Vorgeschlagen wird ein Verfahren zum Regeln des Ablaufs eines kontinuierlichen technischen Verfahrens oder Verfahrensschritts, z.B. einer Fest/Flüssigtrennung, der von internen, veränderlichen aber unveränderbaren, und von externen, veränderbaren Parametern abhängig ist, durch Variieren mindestens eines seiner veränderbaren Parameter während des Ablaufs, mit dem Kennzeichen, daß zur Annäherung an einen Bestwert der Istwert des Parameters schrittweise geändert wird, wobei die Größe der Änderung, die Änderungsrichtung, die Änderungsdauer und/oder das Zeitintervall zwischen den Änderungen jeweils in Abhängigkeit von der mit dem vorangegangenen Änderungsschritt erzielten Auswirkung auf den Ablauf gesteuert werden.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln des Ablaufs eines kontinuierlichen technischen Verfahrens oder Verfahrensschritts, z.B. einer Fest/Flüssigtrennung, der von internen, veränderlichen aber unveränderbaren, und von externen, veränderbaren Parametern abhängig ist, durch Variieren mindestens eines seiner veränderbaren Parameter während des Ablaufs. Als Beispiele für Fest/Flüssigtrennungen werden mechanische Entwässerung und Trocknung genannt.

Bisherige Verfahren zur Regelung von Verfahrensstufen führen bei der Annäherung eines Parameters ausgehend von einem Istwert an einen Bestwert zu Problemen, wenn eine Funktion vorliegt, die ein mehr oder weniger ausgeprägtes Optimum aufweist. Das Charakteristikum einer solchen Funktion ist es, daß sowohl beim Über- als auch Unterschreiten des Optimums eine Verschlechterung auftritt. Man kann auch sagen, daß eine derartige Funktion im Optimum ihre Wirkrichtung umdreht. Mit den bekannten Verfahren kann lediglich ein minimaler bzw. maximaler Wert bzw. ein So wert einer kontinuierlich steigenden bzw. fallenden Funktion innerhalb eines entsprechenden Bereiches erreicht werden. Eine Umkehr der Wirkrichtung führt bei derartigen Systemen meist zu Schwingungen bzw. zur Instabilität.

Es bestand daher die Aufgabe, ein Regelverfahren zu schaffen, bei dem der Bestwert möglichst nicht überschritten wird, so daß keine Notwendigkeit zur Rückregelung in umgekehrter Richtung besteht.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, sich entlang der Funktionskurve schrittweise dem jeweiligen Bestwert zu nähern.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist daher vor allem dadurch gekennzeichnet, daß zur Annäherung an einen Bestwert der Istwert des Parameters schrittweise geändert wird, wobei die Größe der Änderung, die Änderungsrichtung, die Änderungsdauer und/oder das Zeitintervall zwischen den Änderungen jeweils in Abhängigkeit von der mit dem vorangegangenen Änderungsschritt erzielten Auswirkung auf den Ablauf gesteuert werden.

Ein wesentlicher Aspekt ist dabei, daß der Ablauf eines kontinuierlichen Verfahrens geregelt wird, der von gegebenen inneren Parametern, die sich laufend unbeeinflußbar ändern können, und von äußeren, veränderbaren Parametern abhängt, wobei die letzteren in Richtung auf eine Optimierung des Verfahrensablaufs variiert werden.

Dies wird am Beispiel der Entwässerung einer Feststoffsuspension erläutert. Innere, von außen unveränderbare aber veränderliche Parameter der Feststoffsuspension sind z.B. Wassergehalt, Korngrößen und Zusammensetzung der Feststoffe. Äußere, veränderbare Parameter sind z.B. Flockungsmitteldosis, Verweilzeit zwischen Flockungsmittelzugabe und Entwässerung sowie Entwässerungsgeschwindigkeit. Diese äußeren Parameter werden zur Regelung des Ablaufs der Entwässerung variiert.

Dabei ist der Bestwert jedes variierten Parameters unbekannt, es geht also nicht darum, in bekannter Weise an einen Sollwert, beispielsweise eine Füllhöhe, heranzuregeln; mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, kann die Auswirkung sich ändernder innerer Parameter kontinuierlich kompensiert werden.

Die US 44 69 026 A betrifft das Optimieren der Trocknungsfunktion einer Druckeinrichtung sowie des Ablösungsverhaltens des bedruckten Materials von der Transportwalze. Dabei handelt es sich im Grunde um einen einmaligen Trockenvorgang, bei dem vorher die beeinflussenden "print parameter" erfaßt werden, aber keine Erfassung des Ergebnisses der Trocknung vorgesehen ist. Es wird nicht der Trockenvorgang an sich erfaßt und danach gesteuert oder geregelt, sondern lediglich zeitlich vor dem Trocknungsvorgang liegende Parameter. Abhängig von diesen Parametern wird die Energiezufuhr der Trocknungseinrichtung bzw. die Verweilzeit eingestellt. Diese Parameter werden für jedes zu trocknende Blatt extra im Vorhinein erstellt. Eine Vorgangsweise, bei der ein Verfahrensparameter zur Annäherung an ein damit zu erzielendes Endergebnis schrittweise geändert wird, wobei die Änderung auf das mit dem vorangegangenen Annäherungsschritt erzielte Ergebnis abgestimmt wird, ist weder offenbart, noch nahegelegt.

Die US 39 33 764 A betrifft ein Verfahren zur Rückgewinnung von in organischen Lösungsmitteln gelösten Polysulfonharzen durch Dispergieren dieser Lösungen in Wasser und nachfolgendes Behandeln mit einem aliphatischen Kohlenwasserstoff. Angaben, wie dieses Verfahren zu regeln ist, sind nicht gemacht.

Erfindungsgemäß wird als erstes ausgehend von einem Istwert eines Parameters die Schrittrichtung festgelegt, die zum Bestwert führt, in Abhängigkeit davon, ob eine Veränderung des Istwerts eine Verbesserung oder Verschlechterung des mit dem Istwert verknüpften Ergebnisses nach sich zieht. Dann wird der Istwert schrittweise zum Bestwert hin geändert, wobei die Schrittweite in Abhängigkeit von der Steigung der Funktionskurve abgestimmt wird. Das heißt zum Beispiel, daß bei hoher Steigung der Funktionskurve, also dann, wenn pro Annäherungsschritt eine große Veränderung im Ergebnis erzielt wird, die Schrittweite verkleinert werden kann, während sie bei flachem Kurvenverlauf, wo also eine geringe stetige Veränderung des Ergebnisses pro Annäherungsschritt zu erwarten ist, vergrößert werden kann. Wesentlich ist dabei, daß Schrittdauer und Schrittintervall so gewählt werden, daß ein stabiles Ergebnis erzielt wird, d.h. ein Gleichgewichtszustand zwischen Parameterwert und damit erzieltm Ergebnis, bevor

der nächste Annäherungsschritt durchgeführt wird.

Erfindungsgemäß läßt sich auf diese Weise das jeweilige Optimum rasch und einfach erreichen, wobei bei starker Annäherung an den zugeordneten Wendepunkt der Funktionskurve das Optimum als erreicht angesehen werden kann oder die Annäherungsschritte extrem verkürzt werden.

- 5 Ein weiteres Kennzeichen der Erfindung besteht darin, daß derjenige Verfahrensparameter zur Optimierung ausgewählt wird, dessen inkrementelle Änderung das höchste Ansprechergebnis des Ablaufs liefert. Dies ergibt eine besonders effiziente Regelung.

- Bei Systemen, die von mehreren Parametern abhängig sind, wird erfindungsgemäß nach Erreichung des optimalen Ergebnisses der Änderung des zumindest einen Parameters zumindest ein weiterer Parameter geändert.

Dabei kann nach einmaliger Änderung des weiteren Verfahrensparameters der zumindest eine Verfahrensparameter erneut zur Optimierung des Ergebnisses geändert werden oder zuerst der weitere Verfahrensparameter in analoger Weise wie der zumindest eine Verfahrensparameter geändert und anschließend der zumindest eine Verfahrensparameter erneut geändert werden.

- 15 Dabei kann nach jeder Änderung ein Schrittimterwall ablaufen gelassen werden.

Es können mehrere Verfahrensparameter insbesondere zyklisch, schrittweise geändert werden.

- Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung beispielhaft beschrieben, wobei Fig. 1 eine mögliche Abhängigkeit des Ergebnisses von einem Parameter, Fig. 2 ein Ablaufschema für eine mögliche Steuerung und bzw. oder Regelung einer Verfahrensstufe und Fig. 3 ein weiteres Ablaufschema für eine mögliche Steuerung und bzw. oder Regelung einer Verfahrensstufe darstellt.

- In Fig. 1 ist eine mögliche Funktion eines Ergebnisses in Abhängigkeit eines Verfahrensparameters dargestellt, wobei ein Optimum vorhanden ist. Bei einer Abweichung vom Optimum wird sowohl bei einem geringeren als auch bei einem höheren Wert des Parameters das Ergebnis schlechter. Je nach Wert des Parameters kann somit eine Änderung sowohl eine Verbesserung als auch eine Verschlechterung des Ergebnisses ergeben. Da aber nicht von vornherein erkennbar ist, auf welcher Seite des Optimums man sich gerade befindet, muß die Schritttrichtung festgelegt werden. Es wird somit der Istwert des untersuchten Parameters z.B. erst verringert. Verbessert sich das Ergebnis, so erfolgt die nächste Änderung des Parameters in die gleiche Richtung. Ist diese Vorgangsweise einmal oder mehrere Male erfolgreich, wird die Schrittweite erhöht, um schneller an das neue Optimum heranzukommen. Wirkt sich die Verstellung jedoch negativ aus, d.h. das Ergebnis wird schlechter, so wird die Richtung des Änderungsschrittes umgekehrt. Ergibt sich auch bei Umkehr der Schritttrichtung keine Verbesserung, so wird die Schrittweite verringert, da das Optimum mit hoher Wahrscheinlichkeit zwischen den getesteten Punkten liegt. In der Folge wird mit geringerer Schrittweite weitergesucht, bis die Änderung des Ergebnisses in den gewünschten Schranken liegt und eine weitere Änderung keine entsprechende Verbesserung mehr ergibt. Besonders vorteilhaft wird dieses Verfahren zur Regelung bzw. Steuerung einer Verfahrensstufe dort angewandt, wo sich die Ergebnisfunktion in Abhängigkeit eines Verfahrensparameters durch unbeeinflussbare Änderungen am Eintritt der Verfahrensstufe mehr oder weniger stark ändert, wobei der Einfluß der Änderung rein empirisch ermittelbar ist.

- Fig. 2 zeigt das Ablaufdiagramm einer möglichen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Steuer- und bzw. oder Regelungsverfahrens einer Verfahrensstufe. Beim Anfahren der Verfahrensstufe wird ausgehend von einem Startwert für die einzelnen Parameter, der jeweils der letzte gespeicherte Wert des entsprechenden Parameters oder ein möglichst optimaler entsprechender Wert sein kann, ein erstes Ergebnis der Verfahrensstufe ermittelt. Anschließend wird der Parameter um eine Schrittweite, die wiederum die letzte gespeicherte Schrittweite sein kann, z.B. verringert. Dies wird besonders dann durchgeführt, wenn sich dadurch z.B. Einsparungen ergeben. In anderen Fällen kann auch eine Erhöhung des Parameters z.B. Einsparungen bringen, so daß hier der erste Schritt eine Erhöhung sein wird. Analoges gilt auch für allfällige weitere Parameter.

- Nach erfolgter Änderung wird abhängig von der Änderung des Parameters (Erhöhung, Verringerung) und des Ergebnisses (besser/schlechter) der Parameter erhöht bzw. verringert. Dies soll anhand eines Beispiels verdeutlicht werden. Wurde der Parameter vor der Prüfung erhöht (+ Delta) folgt man dem rechten Pfeil der 1. Abfrage. War das Ergebnis erfolgreich, d.h. wurde ein besseres Ergebnis erzielt, so folgt man bei der 2. Abfrage ebenfalls dem rechten Pfeil und der Parameter wird erneut um eine Schrittweite erhöht. War das Ergebnis erfolglos, d.h. das Ergebnis wurde schlechter, so folgt man bei der 2. Abfrage dem linken Pfeil und der Parameter wird verringert (- Delta). Bei einer Ausgestaltung der Erfindung kann hier dann die Schrittweite ebenfalls verringert werden, da angenommen wird, daß sich das Optimum zwischen den beiden letzten Werten befindet und eine Verringerung um den selben Delta-Wert nur wieder zum vorigen Ergebnis zurückführen würde. Nach der Änderung des Parameters vergeht eine gewisse Wartezeit, um die Verweilzeit der Verfahrensstufe zu berücksichtigen. Daraufhin wird das Ergebnis erneut

analysiert und die Änderung des Ergebnisses auf Verbesserung geprüft, worauf eine weitere Änderung des Parameters erfolgt. Ergibt sich ein neuer Wert innerhalb der vorgegebenen Schranken, so wird gemäß dem vorliegenden Ablaufdiagramm ein Parameter 2 optimiert. Dies erfolgt so lange, bis auch Parameter 2 in vorgegebenen Schranken liegt. Anschließend wird erneut Parameter 1 optimiert. Dies ist insbesondere dann
 5 nötig, wenn die Eingangsbedingungen der Verfahrensstufe und somit die Abhängigkeit des Ergebnisses von den einzelnen Parametern stark schwanken.

Alternativ zum Ablaufschema gemäß Fig. 2 kann auch entsprechend Fig. 3 vorgegangen werden. Im Unterschied zu Fig. 2 wird hier nach einmaliger Änderung des Parameters 2 wieder durch Änderung des Parameters 1 das Optimum des Ergebnisses gesucht. Als Ausgangspunkt für die Abfragen kann sowohl der
 10 letzte Sprung generell oder aber der letzte Sprung des entsprechenden Parameters herangezogen werden.

Die Erfindung ist nicht auf die Beispiele beschränkt. Vielmehr kann im Rahmen der Ansprüche z.B. auch ein Parameter erst nach mehreren erfolglosen Schritten in seiner Richtung umgekehrt bzw. in seiner Schrittweite geändert werden.

Als praktisches Beispiel für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Regelung der
 15 Entwässerung einer Feststoff-Flüssigkeit-Mischung auf einem Siebtisch unter Zugabe eines Flockungsmittels angeführt.

Dabei ist das zu optimierende Ergebnis die Entwässerungsgeschwindigkeit bzw. der Entwässerungsgrad. Die Verfahrensparameter, die zur Erhaltung eines optimalen Ergebnisses geändert werden und somit als Stellgröße dienen können, sind vor allem die Flockungsmitteldosierung und die Siebgeschwindigkeit,
 20 d.h. die Geschwindigkeit, mit der das beladene Siebband die Anlage durchläuft.

Dabei kann die Flockungsmitteldosierung als der vorrangige Parameter angesehen werden, da er ein rasches Ansprechen des Systems ergibt und im übrigen auch kostenintensiv ist; er wird somit als Verstellparameter ausgewählt und schrittweise geändert. Die sich auf Grund der ersten Änderung der Flockungsmittelmenge ergebende Änderung der Entwässerungsgeschwindigkeit bzw. des Entwässerungsgrads dient zur Ermittlung der Änderungsrichtung, in die die Flockungsmitteldosierung dann zur Optimierung
 25 schrittweise geändert wird. Anschließend wird dann die Siebgeschwindigkeit bei konstanter Flockungsmitteldosierung schrittweise zur Optimierung geändert. Dabei kann als optimales Ergebnis natürlich auch ein Kompromiß unter Berücksichtigung der Flockungsmittelkosten angesehen werden.

30 Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln des Ablaufs eines kontinuierlichen technischen Verfahrens oder Verfahrensschritts, z.B. einer Fest/Flüssigtrennung, der von internen, veränderlichen aber unveränderbaren, und von externen, veränderbaren Parametern abhängig ist, durch Variieren mindestens eines seiner
 35 veränderbaren Parameter während des Ablaufs, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Annäherung an einen Bestwert der Istwert des Parameters schrittweise geändert wird, wobei die Größe der Änderung, die Änderungsrichtung, die Änderungsdauer und/oder das Zeitintervall zwischen den Änderungen jeweils in Abhängigkeit von der mit dem vorangegangenen Änderungsschritt erzielten Auswirkung auf den Ablauf gesteuert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach der schrittweisen Änderung des
 40 zumindest einen Parameters zumindest ein weiterer Parameter geändert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach einmaliger Änderung des weiteren
 45 Verfahrensparameters der zumindest eine Verfahrensparameter erneut schrittweise geändert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach der schrittweisen Änderung des weiteren Verfahrensparameters der zumindest eine Verfahrensparameter erneut schrittweise geändert
 50 wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach jeweils einer Änderung ein Schrittimtervall ablaufen gelassen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere Verfahrensparameter, insbesondere zyklisch, geändert werden.
 55

Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

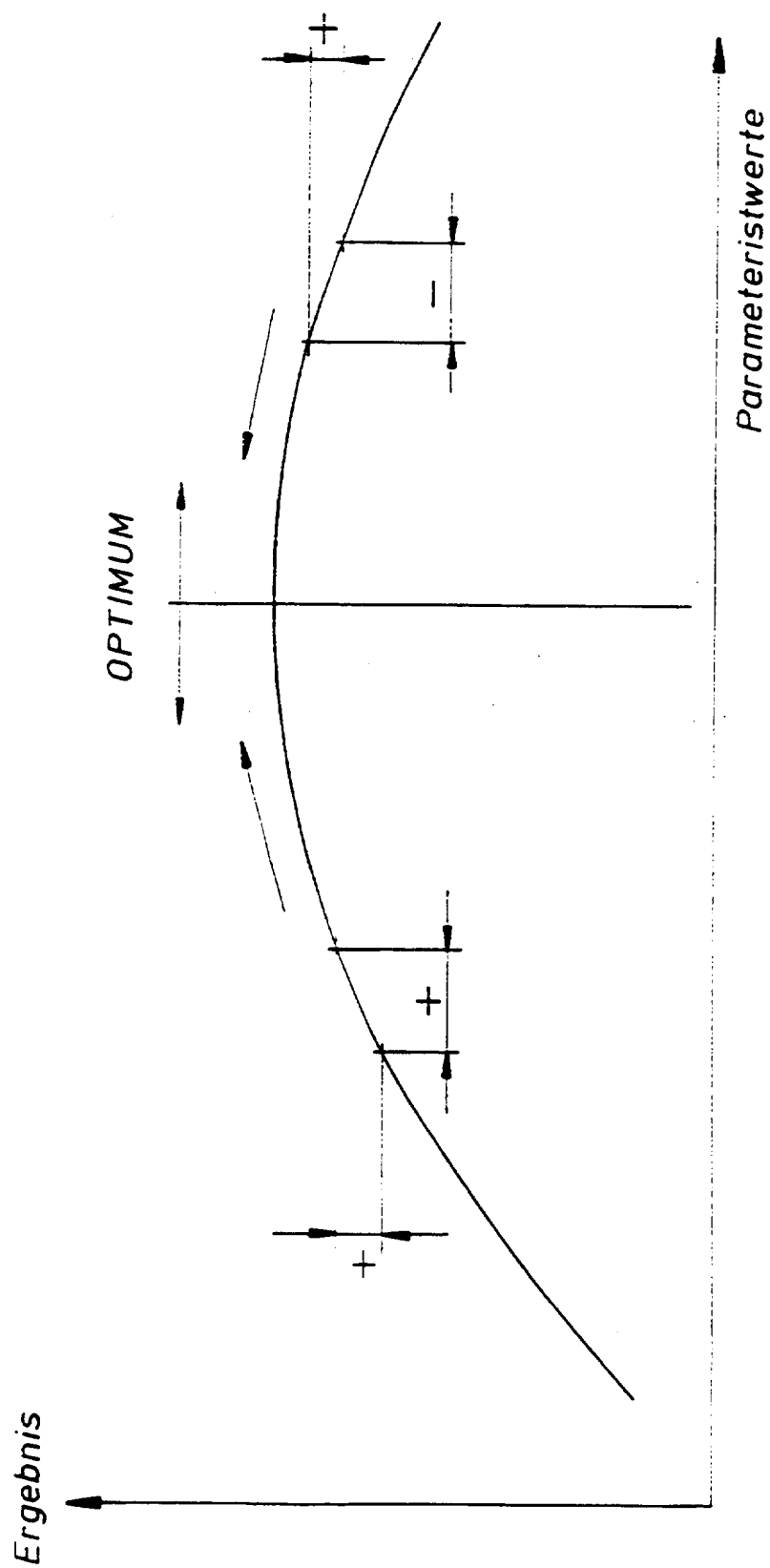


Fig. 1

