



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



**PATENTSCHRIFT A5**

**636 281**

⑲ Gesuchsnummer: 9458/78

⑳ Anmeldungsdatum: 08.09.1978

㉑ Priorität(en): 15.09.1977 DE 2741510

㉒ Patent erteilt: 31.05.1983

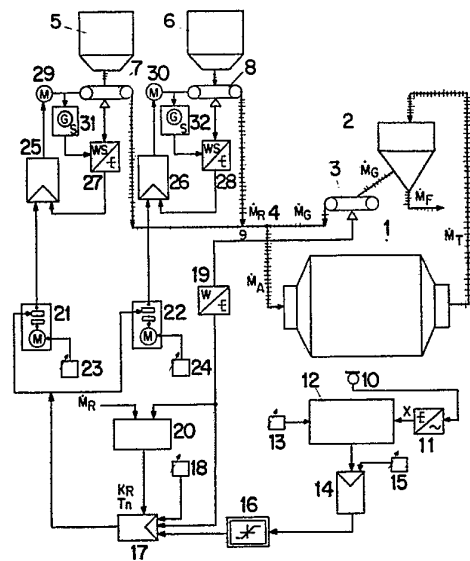
㉓ Patentschrift veröffentlicht: 31.05.1983

㉔ Inhaber:  
BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.,  
Baden

㉕ Erfinder:  
Karl Jürgen Heinrich, Weinheim (DE)  
Heinz Günter Hinske, Mannheim (DE)  
Friedrich-Wilhelm Veuhoff, Geseke (DE)

**㉖ Verfahren und Regelanordnung zur Durchsatzregelung einer Sichterumlaufmahlanlage.**

㉗ In einer Sichterumlaufmahlanlage, in der durch Zerkleinerung und Vermahlung anorganische und/oder organische Güter auf eine geforderte Körngrösse bzw. Kornverteilung gebracht werden, erfolgt die Durchsatzregelung durch Erfassung materialspezifischer Eigenschaften des zu zerkleinernden Gutes und Auswertung des zeitlichen Ein-Ausgangsverhaltens des Mühlensystems. Diese Parameterschwankungen werden adaptiv ausgeglichen. Durch statistische Auswertung von stochastischen Signalen, insbesondere von Schwingungssignalen eines an der Rohrmühle (1) angeordneten Schwingungsaufnehmers (10), können Aussagen bezüglich der Mahlbarkeit der Grundgesamtheit des Rohgutes gemacht und Änderungen dieser mahlspezifischen Eigenschaften kompensiert werden.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Durchsatzregelung einer Sichterumlaufmahlanlage, in der durch Zerkleinerung und Vermahlung anorganische und/oder organische Güter auf eine geforderte Korngrösse bzw. Kornverteilung gebracht werden, dadurch gekennzeichnet, dass materialspezifische Eigenschaften des zu zerkleinernden Gutes durch Auswertung des zeitlichen Ein-/Ausgangsverhaltens der Mühlensichteranlage erfasst und diese Parameterschwankungen der Regelstrecke adaptiv ausgeregelt werden und dass durch eine statistische Auswertung von stochastischen Signalen, die normal- bzw. quasinormalverteilt sind, Aussagen bezüglich der Mahlbarkeit der Grundgesamtheit des Rohgutes gemacht und Änderungen dieser materialspezifischen Eigenschaften kompensiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die in eine Rohrmühle fliessenden Materialströme, Griessestrom und Rohmaterialstrom, erfasst werden, dass in einem Rechenggerät der als Umlauffaktor definierte Quotient aus Griessestrom plus Rohmaterialstrom dividiert durch den Rohmaterialstrom gebildet wird und dass mit diesem Umlauffaktor die Reglerparameter eines Griessereglers proportional oder zeitbewertet geführt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mit Hilfe von stochastischen Signalen, die von einem an einer Rohrmühle angeordneten Schwingungsaufnehmer abgeleitet sind, die Wahrscheinlichkeit für das Über- bzw. Unterschreiten einer vorgebbaren Schwelle bestimmt wird und dass dieses aufbereitete statistische Signal als Sollwertführung dem adaptiven Griesseregler aufgeschaltet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das aufbereitete statistische Signal in einem unterlagerten Regelkreis vom Griesseregler geführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass als stochastisches Signal der Messwert der Feinheit des zu zerkleinernden Gutes herangezogen wird.

6. Regelanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Schwingungssignal eines an einer Rohrmühle (1) angeordneten Schwingungsaufnehmers (10) über einen ersten Messumformer (11) einer statistischen Auswertevorrichtung (12) zugeführt ist, deren Ausgangswert über einen ersten Regler (14) und ein nichtlineares begrenzendes Regelglied (16) an einem Griesseregler (17) liegt und dessen Sollwert bildet, dass der Wert der Gewichtskraft der Griesse über einen zweiten Messumformer (19) einem Rechenggerät (20) und dem Griesseregler (17) zugeführt ist, wobei das Rechenggerät (20) zusätzlich mit dem Wert des Rohmaterialstroms ( $M_R$ ) eingangsseitig beaufschlagt ist und ausgangsseitig am Griesseregler (17) liegt und dass der Ausgang des Griessereglers (17) mit Anteilstellern (21, 22) für Rohmaterial-Dosierbandwaagen (7, 8) verbunden ist, die über einen zweiten (25) und dritten Regler (26) die Drehzahlen von Antriebsmotoren (29, 30) der Rohmaterial-Dosierbandwaagen (7, 8) regeln, wobei dem zweiten (25) und dritten Regler (26) über dritte und vierte Messumformer (27, 28) die Werte der auf den Rohmaterial-Dosierbandwaagen (7, 8) fliessenden Masseströme eingegeben sind.

7. Regelanordnung nach Anspruch 6 zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangssignale des Griessereglers (17), der statistischen Auswertevorrichtung (12) und des ersten Reglers (14) einem vierten Regler (33) zugeführt sind, dessen Ausgang mit den Eingängen der Anteilsteller (21, 22) für die Rohmaterial-Dosierbandwaagen (7, 8) verbunden ist.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Regelanordnung zur Durchsatzregelung einer Sichterumlaufmahlanlage, in der durch Zerkleinerung und Vermahlung anorganische und/oder organische Güter auf eine geforderte Korngrösse bzw. Kornverteilung gebracht werden.

Ein Anwendungsgebiet der Erfindung ist in der Zementindustrie zu finden.

In den Aufsätzen «Automatisierung in der Zementindustrie» von G. Heinicke und H.-G. Hinske, BBC-Nachrichten, 1975, Heft 2, Seiten 87 bis 95 und «Automatisierte Rohmaterialmischung im Zementwerk» von G. Heinicke und H.-J. Heinrich, BBC-Nachrichten, 1975, Heft 2, Seiten 96 bis 100, werden die wachsenden Anforderungen an die Zementherstellung, insbesondere hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und Umweltbelastung beschrieben. Aus den hohen Anforderungen resultiert das Verlangen nach einer automatisierten Prozessführung mit hoch entwickelten Verfahren und Geräten.

Bei bisherigen Anlagen der Zementindustrie wird bei der Regelung der Mühlénführung vielfach davon ausgegangen, dass der Mühlénlaufstrom, der sich aus dem Rohmaterialstrom und dem Griessestrom zusammensetzt, konstant gehalten wird. Beim Rohmaterialstrom handelt es sich dabei um einen Frischgutstrom und beim Griessestrom um einen Rückstrom von Material aus der Mühle, das noch nicht ausreichend zerkleinert ist. Ein zweites Regelkonzept besteht darin, dass als Regelgrösse für die Mühlénführung der für die Mahlanlage spezifische Griessestromwert herangezogen wird. Eine dritte alternative Regelungsmöglichkeit besteht in

der Füllgradregelung, bei der der Füllgrad der Mühle mittels Schallpegelmessung durch ein der Mühle zugeordnetes Mikrophon bestimmt wird.

Diese bekannten Regelkonzepte zur Mühlénführung haben den Nachteil, dass auf die materialspezifischen Eigenschaften, wie gute oder schlechte Mahlbarkeit, nicht ausreichend eingegangen wird und dadurch eine Beeinflussung des Materialaustausches nicht erkannt und ausgeregelt werden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, mit dessen Hilfe Aussagen über die Mahlbarkeit des zu zerkleinernden Stoffes gemacht werden können. Die Änderungen der Streckenparameter der Regelstrecke, die durch Mahlbarkeitsschwankungen hervorgerufen werden, sollen mit Hilfe einer Regelanordnung kompensiert werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass materialspezifische Eigenschaften des zu zerkleinernden Gutes durch Auswertung des zeitlichen Ein-/Ausgangsverhaltens der Mühlensichteranlage erfasst und diese Parameterschwankungen der Regelstrecke adaptiv ausgeregelt werden und dass durch eine statistische Auswertung von stochastischen Signalen, die normal- bzw. quasinormalverteilt sind, Aussagen bezüglich der Mahlbarkeit der Grundgesamtheit des Rohgutes gemacht und Änderungen dieser materialspezifischen Eigenschaften kompensiert werden.

Nach einer vorteilhaften Ausbildung der Erfindung werden die in eine Rohrmühle fliessenden Materialströme, Griessestrom und Rohmaterialstrom, erfasst, wird in einem

Rechengerät der als Umlauffaktor definierte Quotient aus Griessestrom plus Rohmaterialstrom dividiert durch den Rohmaterialstrom gebildet und werden mit diesem Umlauffaktor die Reglerparameter eines Griessereglers proportional oder zeitbewertet geführt.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung ist vorteilhaft dadurch gekennzeichnet, dass mit Hilfe von stochastischen Signalen, insbesondere regellosen Schwingungssignalen eines an einer Rohrmühle angeordneten Schwingungsaufnehmers, die Wahrscheinlichkeit für das Über- bzw. Unterschreiten einer vorgebbaren Schwelle, insbesondere eines einem vorgebbaren Schwingungswert entsprechenden Analog- oder Digitalwertes, bestimmt wird, und dass dieses aufbereitete statistische Signal als Sollwertführung dem adaptiven Griesseregler aufgeschaltet wird.

Alternativ hierzu kann gemäss einem weiteren Vorschlag der Erfindung das aufbereitete statistische Signal in einem unterlagerten Regelkreis vom Griesseregler geführt werden.

Als stochastisches Signal kann auch der Messwert der Feinheit des zu zerkleinernden Gutes herangezogen werden.

Die konkrete Realisierung des erfindungsgemässen Verfahrens in einer Regelanordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Schwingungssignal eines an einer Rohrmühle angeordneten Schwingungsaufnehmers über einen Messumformer einer statistischen Auswertevorrichtung zugeführt ist, deren Ausgangswert über einen Regler und ein nichtlineares begrenzendes Regelglied an einem Griesseregler liegt und dessen Sollwert bildet, dass der Wert der Gewichtskraft der Griesse über einen Messumformer einem Rechengerät und dem Griesseregler zugeführt ist, wobei das Rechengerät zusätzlich mit dem Wert des Rohmaterialstroms eingangsseitig beaufschlagt ist und ausgangsseitig am Griesseregler liegt, und dass der Ausgang des Griessereglers mit Anteilstellern für Rohmaterial-Dosierbandwaagen verbunden ist, die über Regler die Drehzahlen von Antriebsmotoren der Rohmaterial-Dosierbandwaagen regeln, wobei diesen Reglern über Messumformer die Werte der auf den Rohmaterial-Dosierbandwaagen fließenden Masseströme eingegeben sind.

Alternativ hierzu können die Ausgangssignale der statistischen Auswertevorrichtung, des Griessereglers und des Reglers einem weiteren Regler zugeführt sein, dessen Ausgang mit den Eingängen der Anteilsteller für die Rohmaterial-Dosierbandwaagen verbunden ist.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, dass langfristige Änderungen der Materialhärte erfasst werden und somit eine gute Mühlenführung erreicht wird, was sich in einem ruhigeren Prozessverlauf ausdrückt und in einem höheren Durchsatz niederschlägt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist im folgenden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemässe Regelanordnung zur adaptiven Durchsatzregelung von Sichterumlaufmühlen,

Fig. 2 eine alternative erfindungsgemässe Regelanordnung zur adaptiven Durchsatzregelung von Sichterumlaufmühlen.

In Fig. 1 ist eine erfindungsgemässe Regelanordnung zur adaptiven Durchsatzregelung von Sichterumlaufmühlen dargestellt. Dabei ist der Informationsfluss mittels durchgezogener Linien und der Materialfluss mittels durchgezogener Linien mit Querstrichlierung gezeigt. Im speziellen Fall des Ausführungsbeispiels ist die Regelanordnung für ein Zementwerk konzipiert, sie kann jedoch, in evtl. leicht abgewandelter Form, auch bei jedem anderen Prozess angewendet werden, bei dem anorganische und/oder organische Güter zerkleinert und vermahlen werden, wobei eine bestimmte Korngrösse bzw. Kornverteilung gefordert wird.

Eine Rohrmühle 1 wird von einem Materialstrom durchgesetzt, wobei ihr eingangsseitig ein Mühlenaufgabestrom  $\dot{M}_A$

zugeführt und ihr ausgangsseitig ein Mühlenaustragstrom  $\dot{M}_T$  entnommen wird.

Dieser Mühlenaustragstrom  $\dot{M}_T$  wird einem Sichter 2 zugeführt. Dem Sichter 2 wird einerseits ein Fertiggutstrom  $\dot{M}_F$ , also das beim Mahlprozess gewonnene Feingut, andererseits ein Griessestrom  $\dot{M}_G$ , also das noch zu grobe Material, entnommen.

Der Griessestrom  $\dot{M}_G$  wird über eine erste Bandwaage 3 und eine erste Additionsstelle 4 der Rohrmühle 1 wieder zugeführt. Zwei jeweils die einzelnen zu vermahlenden Rohmaterial-Komponenten enthaltende Vorratsbunker 5 und 6 beaufschlagen ihre zugehörigen Dosierbandwaagen 7 und 8 mit Materialströmen, die sich nach einer zweiten Additionsstelle 9 zum Rohmaterialstrom  $\dot{M}_R$  summieren. Dieser Rohmaterialstrom  $\dot{M}_R$  wird der Additionsstelle 4 und dann ebenfalls der Rohrmühle 1 zugeführt.

An der Rohrmühle 1 ist ein Schwingungsaufnehmer 10 zur Schwingungsmessung angeordnet, dessen Ausgangsgrösse einem Messumformer 11 mit einem elektrischen Ausgangssignal  $x$  zugeführt wird. Eine statistische Auswertevorrichtung 12 wird einerseits mit der Grösse  $x$ , andererseits mit dem Ausgangssignal eines Einstellers 13 beaufschlagt. Der Ausgang der statistischen Auswertevorrichtung 12 ist einem Regler 14 zugeführt, der eingangsseitig noch von einem Einsteller 15 beaufschlagt wird.

Der Ausgang des Reglers 14 ist über ein nichtlineares Regelglied mit Begrenzungskennlinie (Begrenzer) 16 einem ersten Eingang eines Griessereglers 17 als Sollwert zugeführt. Der zweite Eingang dieses Reglers 17 wird von einem Einsteller 18, der dritte Eingang von einem Messumformer 19 gebildet. Diesem Messumformer 19 liegt eingangsseitig der Wert der Gewichtskraft der Bandwaage 3 an. Die Ausgangsgrösse des Messumformers 19 wird desweiteren einem Rechengerät 20 zugeführt. Dem Rechengerät 20 liegt eingangsseitig ferner der Wert des Rohmaterialstroms  $\dot{M}_R$  an, ausgangsseitig beaufschlagt es den Griesseregler 17.

Die Ausgangsgrösse des Griessereglers 17 wird zwei Anteilstellern 21 und 22 für die Dosierbandwaagen 7 und 8 zugeleitet. Den Stellmotoren der Anteilsteller sind jeweils Einsteller 23 und 24 zugeordnet. Die Ausgangssignale der Steller 21 und 22 sind Reglern 25 und 26 zugeführt. Eingangsseitig werden die Regler 25 und 26 desweiteren mit Ausgangsgrössen von Messumformern 27 und 28 beaufschlagt. Diesen Messumformern 27 und 28 werden einerseits die Werte der Gewichtskräfte der Dosierbandwaagen 7 und 8, andererseits die Werte der Drehzahlen der diese Waagen antreibenden Motoren 29 und 30 über Messaufnehmer 31 und 32 zugeleitet.

In Fig. 2 ist eine alternative erfindungsgemässe Regelanordnung zur adaptiven Durchsatzregelung von Sichterumlaufmühlen dargestellt. Rohrmühle 1, Sichter 2, Bandwaage 3, 7 und 8 sowie Vorratsbunker 5 und 6 sind in gleicher Weise wie unter Fig. 1 beschrieben angeordnet. Ebenso entsprechen sich die Materialströme Mühlenaufgabestrom  $\dot{M}_A$ , Mühlenaustragstrom  $\dot{M}_T$ , Fertiggutstrom  $\dot{M}_F$ , Griessestrom  $\dot{M}_G$  und Rohmaterialstrom  $\dot{M}_R$ .

Die Ausgangsgrösse des Schwingungsaufnehmers 10 ist ebenfalls über den Messumformer 11 als Grösse  $x$  der statistischen Auswertevorrichtung 12 zugeführt, die desweiteren auch mit dem Einsteller 13 eingangsseitig verbunden ist. Die statistische Auswertevorrichtung 12 beaufschlagt mit ihrer Ausgangsgrösse  $\bar{x}$  einen Regler 33. Ihr weiteres Ausgangssignal wird dem Regler 33 über den Regler 14 zugeführt. Der Regler 14 ist eingangsseitig mit dem Einsteller 15 verbunden. Die Ausgangsgrösse  $\bar{x}$  stellt den Mittelwert des Schwingungssignals  $x$  dar, wie im folgenden noch eingehend beschrieben wird.

Die Aufnahme der Gewichtskraft auf der Bandwaage 3, ihre Umformung im Messumformer 19 sowie die Eingabe dieses umgeformten Wertes in das Rechengerät 20 und in den Griessereger 17 erfolgt wiederum analog zur Fig. 1. Dem Rechengerät 20 wird ebenfalls der Wert des Rohmaterialstroms  $\dot{M}_R$  eingangsseitig zugeführt, ausgangsseitig beaufschlagt es den Griessereger 17, dem eingangsseitig eine Stellgrösse des Einstellers 18 anliegt. Die Ausgangsgrösse des Griessereglers 17 bildet einen Eingangswert des Reglers 33. Ausgangsseitig ist der Regler 33 mit den Anteilstellern 21 und 22 verbunden. Die weitere Anordnung der Einsteller 23 und 24, der Regler 25 und 26, der Messwertumformer 27 und 28, der Motoren 29 und 30 sowie der Aufnehmer 31 und 32 und die jeweiligen Verbindungen untereinander sind wiederum identisch mit der unter Fig. 1 beschriebenen Regelanordnung.

Im folgenden wird die Funktionsweise der erfindungsgemässen adaptiven Durchsatzregelung einer Sichterumlaufmahanlage beschrieben. Die Durchsatzregelung hat dabei allgemein die Aufgabe, die Summe der Komponentenströme in Abhängigkeit von den Mahleigenschaften zu regeln. Die Rohrmühle 1 arbeitet im Kreislauf mit dem einstellbaren Sichter 2. Das Mahlgut bzw. der Mühlenaufgabestrom  $\dot{M}_A$  wird der Mühle 1 aufgegeben, in ihr zerkleinert, transportiert und vom Mühlenausgang durch ein Becherwerk auf den Sichter 2 gehoben. Der Sichter 2 schliesst nach einer einstellbaren Trenncharakteristik den Mühlenaustragstrom  $\dot{M}_T$  in den Griessesstrom  $\dot{M}_G$ , d. h. das noch zu grobe Material und in den Fertiggutstrom  $\dot{M}_F$ , d. h. das genügend feine Material, auf.

Zwischen den beiden Materialströmen, dem Rohmaterialstrom  $\dot{M}_R$  und dem Griessesstrom  $\dot{M}_G$ , findet ein Materialaustausch statt, der den stationären Betriebszustand  $\dot{M}_R = \dot{M}_F$  aufrechterhält.

Das Ein- Ausgangsverhalten der Rohrmühle 1 ist abhängig vom Umlauffaktor U. Dieser Umlauffaktor U ist das Verhältnis von Mühlenaufgabestrom  $\dot{M}_A = (\dot{M}_R + \dot{M}_G)$  zu Rohmaterialstrom  $\dot{M}_R$ . Schwankungen der Mahlbarkeit, beispielsweise bei Materialhärteschwankungen, spiegeln sich in einer Änderung des Griessesstroms  $\dot{M}_G$  wieder, also auch in einer Änderung des Umlauffaktors U.

Die Sichterumlaufmahanlage lässt sich mit guter Genauigkeit durch ein aus einem Totzeitglied und einem Verzögerungsglied 1. Ordnung bestehenden System beschreiben. Dabei sind die Streckenparameter direkt proportional dem Umlauffaktor U.

$$\sigma^2(\tau) = \frac{1}{2T} \int_{\tau-2T}^{\tau} [x(t) - \bar{x}]^2 dt$$

gebildet, wobei die Grösse T grösser als das Hundertfache des Integrationsbereichs von  $\bar{x}$  ist.

Desweiteren wird aus  $\bar{x}$ ,  $\sigma$  und dem Einstellwert von Einsteller 13 ( $x_{13}$ ) der Wert

$$z = (x_{13} - \bar{x}) / \sigma$$

$$F(z) = 1 - \frac{1}{2} \left\{ 1 + \frac{\sqrt{1 - e^{-z^2}} + \sqrt{1 - e^{-\frac{1}{2} z^2}}}{2} \right\}$$

Das auf der Bandwaage 3 liegende und gewogene Gewicht des Griessesstroms  $\dot{M}_G$  wird über den Messumformer 19, der das Gewicht in eine hierzu proportionale elektrische Grösse umsetzt, gleichzeitig dem Rechengerät 20 und dem Griessereger 17 gemeldet. Dem Rechengerät 20 wird ebenfalls der Wert des Rohmaterials  $\dot{M}_R$  eingegeben. Zur Bestimmung des Rohmaterialstromes werden den Messwertumformern 27 und 28 einerseits jeweils die auf den Dosierbandwaagen 7 und 8 liegenden und gewogenen Gewichte gemeldet, andererseits über die Aufnehmer 31 und 32 die jeweils mittels Tachogeneratoren ermittelten Drehzahlen der Motoren 29 und 30 der Dosierbandwaagen 7 und 8 eingegeben. Der sich aus diesen beiden Grössen Gewicht und Drehzahl ergebende Massstrom wird durch die Messwertumformer 27 und 28 in ein elektrisches Ausgangssignal umgesetzt.

Im Rechengerät 20 wird der Umlauffaktor U bestimmt, es wird folglich das Zeitverhalten des Mühlensichtersystems ermittelt. Dieser Umlauffaktor kann proportional (Faktor  $K_R$ ) oder zeitbewertet (Nachstellzeit  $T_n$  die Reglerparameter des Griessereglers 17 führen. Eine Adaption des Griessereglers 17 an die Parameterschwankungen der Strecke über den Umlauffaktor U sorgt für eine schnelle Ausregelung bei Störungen, beispielsweise bei Materialhärteschwankungen.

Die Durchsatzregelung wird folglich den Mahleigenschaften des Rohmaterialstromes  $\dot{M}_R$  angepasst, wobei aufbauend auf dem Ein- Ausgangsverhalten der Mühle 1 in Abhängigkeit des Umlauffaktors U adaptiv geregelt wird.

Aussagen über die Mahlbarkeit der Grundgesamtheit des Rohgutes und damit über den Zerkleinerungsfortschritt lassen sich über das Signalspektrum des Schwingungsaufnehmers 10 gewinnen. Dieses Signalspektrum wird über einen Messumformer 11 der statistischen Auswertevorrichtung 12 zugeführt. In ihr wird aus dem regellosen Signal x auf digitale oder analoge Weise der Mittelwert

$$\bar{x}(\tau) = \frac{1}{2T} \int_{\tau-2T}^{\tau} x(t) dt$$

gebildet, wobei  $\tau$  den zum Zeitpunkt der Bildung des neuen Mittelwerts gerade aktuellen Mittelwert darstellt und die Grösse T grösser als das Hundertfache der grössten Schwingungsdauer des regellosen Signals x ist. Ferner wird aus dem regellosen Signal x und seinem Mittelwert  $\bar{x}$  analog oder digital die Varianz

in analoger oder digitaler Weise gebildet. Somit kann die Wahrscheinlichkeit F(z) für das Unterschreiten einer vorgegebenen Schwelle durch analoge oder digitale Bildung des Ausdrucks

angegeben werden. Der Ausdruck  $F(z)$  bildet den Istwert für Regler 14. Einsteller 15 gibt den Wahrscheinlichkeits-sollwert vor. Der Ausgang des Reglers 14 führt über den Begrenzer 16 den Griessesollwert des Griessereglers 17.

In der alternativen Regelanordnung gemäss Fig. 2 wird der Regler 33 mit dem Ausgangswert von Regler 14, dem Wert  $\bar{x}$  der statistischen Auswertevorrichtung 12 und dem Ausgangswert von Regler 17 beaufschlagt. Das aufbereitete statistische Signal  $F(z)$  kann also entweder, wie in Fig. 1 gezeigt, als Sollwertführung dem Griesseregler 17 aufgeschaltet, oder, wie in Fig. 2 dargestellt, in einem unterlagerten Regelkreis zur Führung des Füllgrades herangezogen werden.

Diese statistische Auswertung des ungefilterten Schwingungssignals des Schwingungsaufnehmers 10 gestattet es allgemein, Aussagen bezüglich der Mahlbarkeit der Grundge-

samtheit des Mühlenaufgabestroms  $\dot{M}_A$  zu machen. Das aufbereitete Ausgangssignal der statistischen Auswertevorrichtung dient als Mass für die Fähigkeit der Mühle, Mahlgut aufzunehmen und zu verarbeiten und bestimmt in mit-

entscheidender Weise den Rohmaterialstrom.  
Alternativ zur eben beschriebenen statistischen Auswertung des Pegelsignals des Schwingungsaufnehmers bietet sich auch die statistische Auswertung der Materialfeinheit an.

Allgemein kann mit Hilfe von stochastischen Signalen, die normal- bzw. quasinormalverteilt sind, die Wahrscheinlichkeit für das Über- bzw. Unterschreiten einer vorgegebenen Schwelle bestimmt und mittels dieser Grösse der Prozess optimal geführt werden.

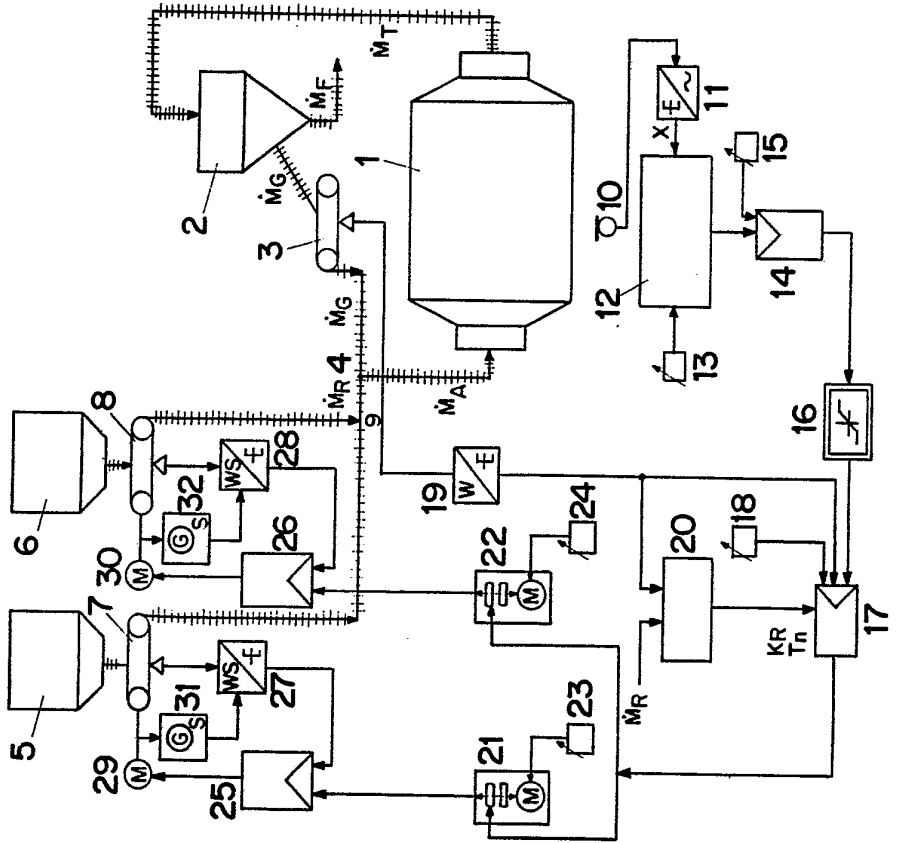


Fig. 1

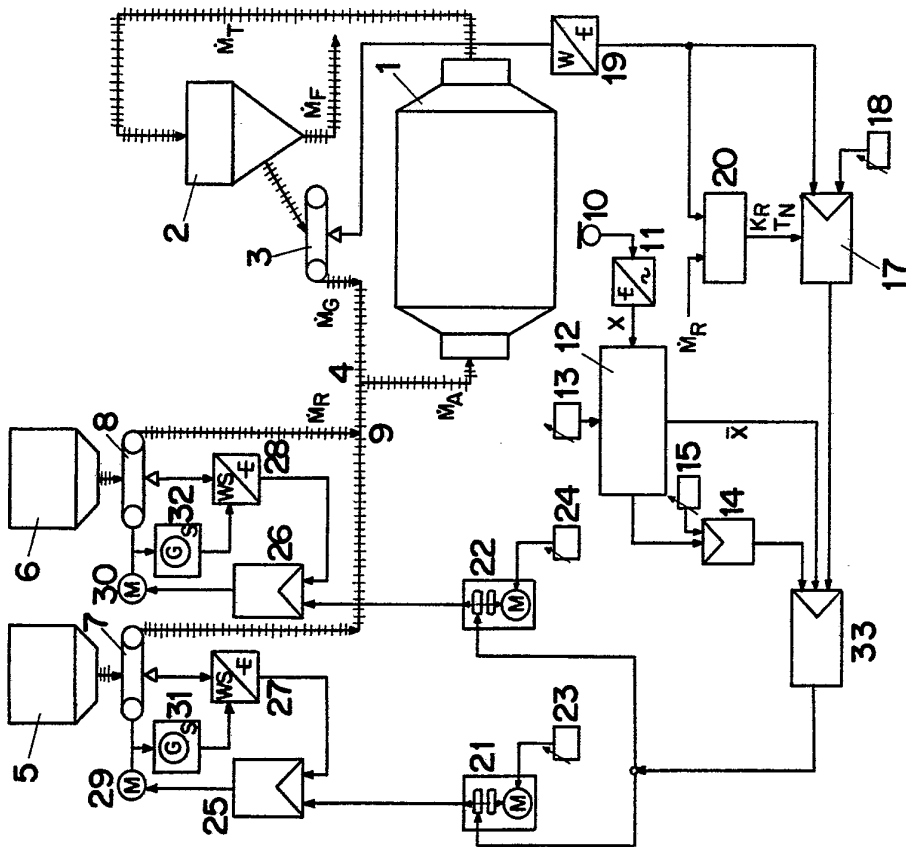


Fig. 2