



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.01.2016 Patentblatt 2016/02

(51) Int Cl.:
B02C 25/00 (2006.01) B02C 17/24 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14176326.8**

(22) Anmeldetag: **09.07.2014**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

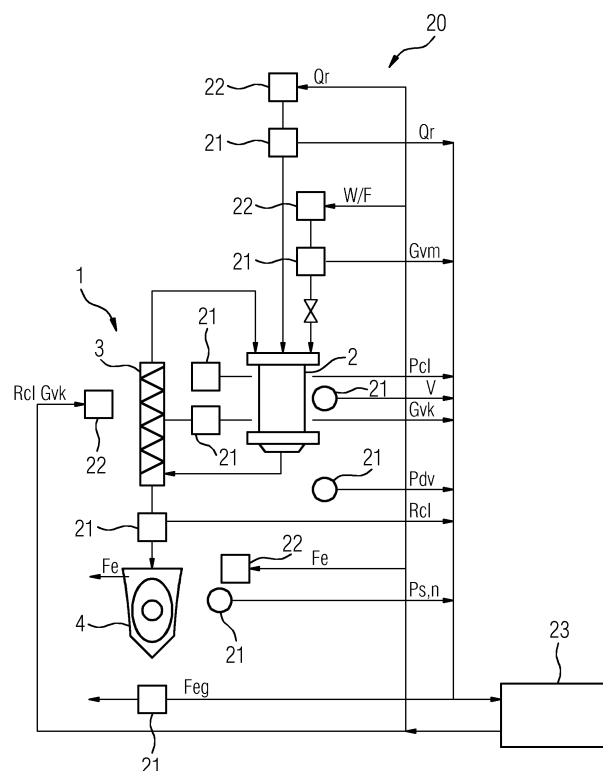
(72) Erfinder:
• **Lekscha, Andreas**
90455 Nürnberg (DE)
• **Zehentbauer, Bernd**
91052 Erlangen (DE)
• **Seleznev, Victor**
97769 Bad Brückenau (DE)

(54) **Regelung und/oder Steuerung einer Zerkleinerungsanlage**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung und/oder Steuerung einer Zerkleinerungsanlage (1) mit einer Mühle (2), einem Klassierer (3) und einem Separator (4) zur Zerkleinerung eines Mahlgutes, wobei als wenigstens eine Führungsgröße der Regelung und/oder

Steuerung eine erste Ableitung einer Funktion, die die Abhängigkeit eines ersten Betriebsparameters der Zerkleinerungsanlage (1) von einem zweiten Betriebsparameter der Zerkleinerungsanlage (1) beschreibt, verwendet wird.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung und/oder Steuerung einer Zerkleinerungsanlage mit einer Mühle, einem Separator und einem Klassierer zur Zerkleinerung eines Mahlgutes.

[0002] Insbesondere betrifft die Erfindung Zerkleinerungsanlagen mit Kugelmøhlen zur Zerkleinerung von Erzen. Die wesentlichen Störgrößen bei der Regelung und/oder Steuerung derartiger Zerkleinerungsanlagen sind die Änderungen der Korngrößenzusammensetzung sowie die mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Einlaufmaterials (der Erze). Die physikalischen und mechanischen Eigenschaften des Erzes sowie der Zustand des Zerkleinerungsaggregats ändern sich unvorhersehbar, permanent und mit unterschiedlicher Dynamik. Die Vielzahl der nichtlinearen Prozesskennlinien und die extremen Situationen führen zu einer enormen Menge von Entscheidungen bei der Objektsteuerung. In Abhängigkeit von der Drehzahl und dem Füllvolumen der Mühle sind verschiedene Betriebszustände der Mühle möglich, die die Arbeit zur Zerkleinerung des in die Mühle aufgegebenen Materials bestimmen: ein Kaskadenbetrieb (ohne Anheben der Mahlkörper), ein Mischbetrieb (mit Abrollen der Mahlkörper und ihrem teilweisen Anheben), ein Wasserfallbetrieb (mit überwiegendem Anheben der Mahlkörper), ein Betrieb bei überkritischer Drehzahl und ein Betrieb bei Überlast, d.h. ein Betrieb bei einer Trommelfüllung mit Erz-Kugel-Belastung von über 50%.

[0003] Bekannte Methoden zur Regelung und/oder Steuerung derartiger Zerkleinerungsanlagen basieren auf der Stabilisierung oder Regelung einzelner Prozessgrößen. Dazu gehören unter anderem ein Roherzdurchsatz, eine Menge der Klassierer- bzw. Hydrozyklonüberläufe, ein Trommelfüllvolumen, ein prozentualer Feststoffanteil im Møhlenauslauf, ein Gehalt an Feststoff oder Fertigklasse im Klassierauslauf und ein Auslaufvolumendurchsatz.

[0004] Ferner betrifft die Erfindung insbesondere die Regelung und/oder Steuerung von Zerkleinerungsanlagen mit der Mühle vorgeschalteten Brechanlagen zum Feinbrechen von Mahlgut, insbesondere von Erz. Brechen und Mahlen von Mahlgut unterscheiden sich prinzipiell nicht voneinander. Das Ziel ist jeweils der Aufschluss der Körner des Mahlgutes. Das Resultat des Brechvorgangs von Erzen ist eine Körnung mit einer Korngröße von beispielsweise etwa 5 mm.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Regelung und/oder Steuerung einer Zerkleinerungsanlage mit einer Mühle, einem Separator und einem Klassierer zur Zerkleinerung eines Mahlgutes anzugeben.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0008] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Regelung und/oder Steuerung einer Zerkleinerungsanlage mit einer Mühle, einem Separator und einem Klassierer zur Zerkleinerung eines Mahlgutes wird als wenigstens eine Führungsgröße der Regelung und/oder Steuerung eine erste Ableitung einer Funktion, die die Abhängigkeit eines ersten Betriebsparameters der Zerkleinerungsanlage von einem zweiten Betriebsparameter der Zerkleinerungsanlage beschreibt, verwendet.

[0009] Durch die Verwendung einer ersten Ableitung wenigstens einer Funktion, die zwei Betriebsparameter zueinander in Beziehung setzt, als Führungsgröße für die Regelung und/oder Steuerung einer Zerkleinerungsanlage werden Änderungen wenigstens eines Betriebsparameters systematisch als Grundlage der Regelung und/oder Steuerung verwendet. Dies ist vorteilhaft, da eine Regelung und/oder Steuerung gerade die Änderung von Betriebsparametern betrifft und daher die Wahl wenigstens einer geeigneten ersten Ableitung als Führungsgröße einer Regelungs- und/oder Steuerungsaufgabe besonders gut angepasst ist.

[0010] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass als wenigstens ein Sollwert eine Nullstelle einer als Führungsgröße verwendeten ersten Ableitung einer Funktion definiert wird.

[0011] Dadurch wird wenigstens ein Sollwert einem Extremwert eines Betriebsparameters in Abhängigkeit von einem anderen Betriebsparameter zugeordnet. Dies ist vorteilhaft, da derartige Extremwerte häufig das Ziel einer Regelung und/oder Steuerung sind, beispielsweise ein minimaler Energieverbrauch, eine maximale Produktivität oder ein maximaler Wirkungsgrad.

[0012] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass wenigstens eine Stellgröße in Abhängigkeit von wenigstens einem Vorzeichen einer als Führungsgröße verwendeten ersten Ableitung einer Funktion geregelt und/oder gesteuert wird.

[0013] Diese Ausgestaltung ist vorteilhaft, da sich allein aus dem Vorzeichen einer ersten Ableitung einer Funktion bereits auf die Zunahme oder Abnahme der Funktion und damit des durch sie dargestellten Betriebsparameters schließen lässt. Dies vereinfacht vorteilhaft die Regelung und/oder Steuerung einer Stellgröße. Diese Vereinfachung wirkt sich besonders vorteilhaft zur Regelung und/oder Steuerung eines komplexen Systems wie einer Zerkleinerungsanlage mit sehr vielen verschiedenen Stellgrößen und Betriebsparametern aus.

[0014] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass zur Regelung und/oder Steuerung der Produktivität der Zerkleinerung des Mahlgutes

- als ein erster Betriebsparameter eine Energieintensität nach Materialzerkleinerung und als ein zweiter Betriebsparameter ein Füllvolumen der Mühle,

- und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Motorleistung der Mühle und als ein zweiter Betriebsparameter ein Füllvolumen der Mühle,
- und/oder als ein erster Betriebsparameter ein Verhältnis flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle und als ein zweiter Betriebsparameter eine Energieintensität nach Materialzerkleinerung,
- 5 - und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Mühlenproduktivität nach einem Ausgangsmahlgut und als ein zweiter Betriebsparameter eine Motorleistung der Mühle,
- und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Mühlenproduktivität nach einem Ausgangsmahlgut und als ein zweiter Betriebsparameter ein Verhältnis flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle,
- 10 - und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Mühlenproduktivität nach einem Ausgangsmahlgut und als ein zweiter Betriebsparameter eine Motorleistung des Separators,
- und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Mühlenproduktivität nach einer Fertigungsklasse und als ein zweiter Betriebsparameter eine Umlaufbelastung

verwendet werden.

[0015] Diese Ausgestaltung definiert vorteilhaft Betriebsparameter, die sich besonders gut zur Regelung und/oder Steuerung der Produktivität einer Zerkleinerung von Mahlgut eignen.

[0016] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass zur Regelung und/oder Steuerung einer Pulpedichte eines Klassiererauslaufs des Klassierers als ein erster Betriebsparameter eine Mühlenproduktivität nach einem Ausgangsmahlgut und als ein zweiter Betriebsparameter eine Motorleistung des Separators verwendet werden.

[0017] Diese Ausgestaltung definiert vorteilhaft Betriebsparameter, die sich besonders gut zur Regelung und/oder Steuerung einer Pulpedichte eines Klassiererauslaufs eines Klassierers eignen.

[0018] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass zur Regelung und/oder Steuerung des Energiebedarfs der Zerkleinerung des Mahlgutes als ein erster Betriebsparameter der Energiebedarf nach Materialzerkleinerung und als ein zweiter Betriebsparameter ein Füllvolumen der Mühle und/oder ein Verhältnis flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle verwendet werden.

[0019] Diese Ausgestaltung definiert vorteilhaft Betriebsparameter, die sich besonders gut zur Regelung und/oder Steuerung des Energiebedarfs der Zerkleinerung von Mahlgut eignen.

[0020] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass zur Regelung und/oder Steuerung einer Zwischenproduktqualität bei der Zerkleinerung des Mahlgutes als ein erster Betriebsparameter eine Mühlenproduktivität nach Ausgangsmahlgut und/oder ein Ausbringen eines Zwischenprodukts einer ersten Abscheidungsstufe und als ein zweiter Betriebsparameter eine Motorleistung des Separators verwendet werden.

[0021] Diese Ausgestaltung definiert vorteilhaft Betriebsparameter, die sich besonders gut zur Regelung und/oder Steuerung einer Zwischenproduktqualität bei der Zerkleinerung von Mahlgut eignen.

[0022] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung beziehen sich auf eine Zerkleinerungsanlage, die eine der Mühle vorgeschaltete Brechanlage mit wenigstens einem Brecher zum Feinbrechen des Mahlgutes aufweist. Eine erste derartige Ausgestaltung sieht vor, dass zur Regelung und/oder Steuerung einer Produktivität des Feinbrechprozesses als ein erster Betriebsparameter eine Brecherproduktivität wenigstens eines Brechers nach Ausgangserz und als ein zweiter Betriebsparameter eine Brechspaltgröße eines Brechspalts des Brechers, und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Siebklassierungseffektivität wenigstens eines Siebes der Brechanlage und/oder eine Energieintensität wenigstens eines Brechers und als ein zweiter Betriebsparameter eine Brecherproduktivität wenigstens eines Brechers verwendet werden. Eine zweite derartige Ausgestaltung sieht vor, dass zur Regelung und/oder Steuerung einer Überlastung des wenigstens einen Brechers als ein erster Betriebsparameter eine Brecherproduktivität des Brechers und als ein zweiter Betriebsparameter eine Brechspaltgröße eines Brechspalts des Brechers, und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Energieintensität des Brechers und als ein zweiter Betriebsparameter eine Brecherproduktivität des Brechers verwendet werden.

[0023] Die vorgenannten Ausgestaltungen definieren vorteilhaft Betriebsparameter, die sich besonders gut zur Regelung und/oder Steuerung einer Produktivität eines Feinbrechprozesses von Mahlgut bzw. zur Regelung und/oder Steuerung einer Überlastung eines Brechers einer Brechanlage eignen.

[0024] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass wenigstens ein Betriebsparameter aus Messdaten ermittelt wird, die in regelmäßigen zeitlichen Abständen erfasst werden. Dabei werden zur Ermittlung wenigstens eines Betriebsparameters aus den Messdaten vorzugsweise gleitende zeitliche Mittelwerte von Messdaten gebildet.

[0025] Diese Ausgestaltung ermöglicht es vorteilhaft, Ableitungen von Funktionen der Betriebsparameter aus Differenzen zeitlich nacheinander erfasster Messdaten zu ermitteln. Die Bildung gleitender zeitlicher Mittelwerte von Messdaten glättet dabei vorteilhaft die ermittelten Ableitungen und gleicht überdies Messfehler aus.

[0026] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sehen vor, dass die Mühle eine Kugelmühle ist und/oder dass das Mahlgut ein Erz ist.

[0027] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung

von Ausführungsbeispielen, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Dabei zeigen:

- 5 FIG 1 ein Blockdiagramm eines ersten Beispiels einer Zerkleinerungsanlage zur Zerkleinerung eines Mahlgutes und eines Regelungssystems zur Regelung der Zerkleinerungsanlage,
- FIG 2 eine Abhängigkeit einer Energieintensität nach Materialzerkleinerung von einer Überlaufdicke eines Klassierers,
- 10 FIG 3 eine Abhängigkeit einer Umlaufbelastung einer Zerkleinerungsanlage mit Erz von einer Mühlenproduktivität nach Fertigklasse,
- FIG 4 eine Abhängigkeit einer Energieintensität nach Materialzerkleinerung von dem Verhältnis flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in einer Mühle,
- 15 FIG 5 eine Abhängigkeit einer Mühlenproduktivität nach Ausgangserz von einer Energieintensität nach Materialzerkleinerung,
- FIG 6 eine Abhängigkeit eines Füllvolumens einer Mühle von einer Mühlenproduktivität nach Ausgangserz,
- 20 FIG 7 eine Abhängigkeit einer Motorleistung einer Mühle von einer Mühlenproduktivität nach Ausgangserz,
- FIG 8 eine Abhängigkeit einer Umlaufbelastung von einem Verhältnis flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in einer Mühle,
- 25 FIG 9 eine Abhängigkeit einer Mühlenproduktivität nach Ausgangserz von einem Verhältnis flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in einer Mühle,
- FIG 10 eine Abhängigkeit einer Mühlenproduktivität nach Fertigklasse von einer Umlaufbelastung,
- 30 FIG 11 eine Abhängigkeit einer Mühlenproduktivität nach Ausgangserz von einer Überlaufdicke eines Klassierers,
- FIG 12 eine Abhängigkeit einer Mühlenproduktivität nach Ausgangserz von einer Mühlenproduktivität nach Fertigklasse,
- 35 FIG 13 eine Abhängigkeit eines Verhältnisses flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in einer Mühle von einer Überlaufdicke eines Klassierers,
- FIG 14 eine Abhängigkeit eines Füllvolumens einer Mühle von einem Verhältnis flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle,
- 40 FIG 15 eine Abhängigkeit einer Energieintensität nach Materialzerkleinerung von einem Füllvolumen einer Mühle,
- FIG 16 eine Abhängigkeit einer Mühlenproduktivität nach Ausgangserz von einem Anteil der Fertigklasse in einem Klassiererüberlauf,
- 45 FIG 17 eine Abhängigkeit einer Überlastung einer Mühle von einer Energieintensität nach Materialzerkleinerung,
- FIG 18 eine Abhängigkeit einer Mühlenproduktivität nach Fertigklasse von einer Energieintensität nach Materialzerkleinerung,
- 50 FIG 19 eine Abhängigkeit einer Motorleistung einer Mühle von einem Füllvolumen der Mühle,
- FIG 20 eine Abhängigkeit einer Mühlenproduktivität nach Ausgangserz von der Überlaufdicke eines Klassierers,
- 55 FIG 21 eine Abhängigkeit des Eisengehalts im Zwischenprodukt einer ersten Abscheidungsstufe von einem Anteil der Fertigklasse in einem Klassiererüberlauf,
- FIG 22 eine Abhängigkeit des Eisengehalts im Zwischenprodukt einer ersten Abscheidungsstufe von einer Überlauf-

dichte Rcl des Klassierers,

FIG 23 eine Abhängigkeit des Eisengehalts im Zwischenprodukt einer ersten Abscheidungsstufe von der Motorleistung eines Separators,

FIG 24 eine Abhängigkeit einer Mühlenproduktivität nach Ausgangserz von der Motorleistung eines Separators,

FIG 25 eine Abhängigkeit des Ausbringens Y des Zwischenprodukts einer ersten Abscheidungsstufe von der Trommeldrehzahl eines Separators,

FIG 26 eine Abhängigkeit des Ausbringens Y des Zwischenprodukts einer ersten Abscheidungsstufe von der Überlaufdicke eines Klassierers,

FIG 27 eine Abhängigkeit des Ausbringens Y des Zwischenprodukts einer ersten Abscheidungsstufe von einer Motorleistung eines Separators,

FIG 28 eine Abhängigkeit eines Eisengehalts in den Tailings einer ersten Abscheidungsstufe von der Motorleistung eines Separators,

FIG 29 ein Blockdiagramm eines zweiten Beispiels einer Zerkleinerungsanlage zur Zerkleinerung eines Mahlgutes und eines Regelungssystems zur Regelung der Zerkleinerungsanlage,

FIG 30 eine Abhängigkeit eines Siebunterlaufgewichts von der Brechspaltgröße eines Brechers,

FIG 31 eine Abhängigkeit einer Siebklassierungseffektivität von der Brechspaltgröße eines Brechers,

FIG 32 eine Abhängigkeit einer Siebklassierungseffektivität von der Brecherproduktivität eines Brechers nach Ausgangserz,

FIG 33 eine Abhängigkeit eines Siebüberlaufgewichts von der Brechspaltgröße eines Brechers,

FIG 34 eine Abhängigkeit eines Siebunterlaufgewichts von einer Brecherproduktivität eines Brechers nach Ausgangserz,

FIG 35 eine Abhängigkeit einer Brecherproduktivität eines Brechers nach Ausgangserz von der Nennkorngöße eines Brechprodukts,

FIG 36 eine Abhängigkeit einer Motorleistung eines Brechers von der Brechspaltgröße des Brechers,

FIG 37 eine Abhängigkeit einer Motorleistung eines Brechers von der Brecherproduktivität des Brechers nach Ausgangserz,

FIG 38 eine Abhängigkeit der Energieintensität eines Brechers von der Brecherproduktivität des Brechers nach Ausgangserz,

FIG 39 eine Abhängigkeit der Energieintensität eines Brechers von der Brechspaltgröße des Brechers,

FIG 40 eine Abhängigkeit der Taumelbewegung eines Brechkegels eines Brechers von der Brecherproduktivität des Brechers nach Ausgangserz, und

FIG 41 eine Abhängigkeit der Taumelbewegung eines Brechkegels eines Brechers von einer Nennkorngöße des Brechprodukts.

[0028] Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0029] FIG 1 zeigt ein Blockdiagramm eines ersten Beispiels einer Zerkleinerungsanlage 1 zur Zerkleinerung eines Mahlgutes und eines Regelungssystems 20 zur Regelung der Zerkleinerungsanlage 1, anhand derer verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben werden. Das Mahlgut ist in diesen Ausführungsbeispielen jeweils ein Erz.

[0030] Die Zerkleinerungsanlage 1 umfasst eine Mühle 2, einen Klassierer 3 und einen Separator 4.

[0031] Das Regelungssystem 20 umfasst jeweils wenigstens einen Messwertgeber 21 für eine Mühlenproduktivität Q_r nach Ausgangserz, einen Wasserverbrauch G_{vm} der Mühle 2, eine Motorleistung P_{cl} des Klassierers 3, ein Füllvolumen V der Mühle 2, einen Wasserverbrauch G_{vk} des Klassierers 3, eine Motorleistung P_{dv} der Mühle 2, eine Dichte R_{cl} des Klassierer-überlaufs, eine Motorleistung P_s des Separators 4, eine Trommeldrehzahl n des Separators 4 und einen Eisengehalt F_{eg} in einem Tailing der ersten Abscheidungsstufe.

[0032] Ferner umfasst das Regelungssystem 20 jeweils wenigstens einen Regler 22 für die Mühlenproduktivität Q_r nach Ausgangserz, ein Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2, den Eisengehalt Fe im Zwischenprodukt der ersten Abscheidungsstufe und die Überlaufdicke R_{cl} und den Wasserverbrauch G_{vk} des Klassierers 3.

[0033] Außerdem umfasst das Regelungssystem 20 eine Steuereinheit 23 zur Auswertung von Messdaten der Messwertgeber 21 und zur Ansteuerung der Regler 22.

[0034] Zur Regelung der Zerkleinerungsanlage 1 werden mittels der Messwertgeber 21 regelmäßig, beispielsweise im Abstand von mehreren Minuten, Messdaten aufgenommen. Diese Messdaten werden von der Steuereinheit 23 zur Ansteuerung der Regler 22 ausgewertet. Vorzugsweise werden aus den Messdaten dabei gleitende Mittelwerte ermittelt und ausgewertet. Zur Auswertung werden in unten näher beschriebener Weise Funktionen ausgewertet, die jeweils eine Abhängigkeit eines ersten Betriebsparameters der Zerkleinerungsanlage von einem zweiten Betriebsparameter der Zerkleinerungsanlage beschreiben und derart gewählt werden, dass die ersten Ableitungen dieser Funktionen, insbesondere die Vorzeichen dieser ersten Ableitungen, geeignete Führungsgrößen zur Regelung der Zerkleinerungsanlage 1 sind. Dabei hängen die Betriebsparameter jeweils direkt oder indirekt mit den mittels der Messwertgeber 21 erfassten Messgrößen zusammen, d.h. ein Betriebsparameter stimmt entweder mit einer dieser Messgrößen überein oder wird aus den Messgrößen ermittelt. Grundlage des Regelungsverfahrens sind dabei die mittels der ausgewerteten Funktionen beschriebenen nichtlinearen Abhängigkeiten der jeweiligen Betriebsparameter voneinander.

[0035] Die Figuren 2 bis 29 zeigen qualitative grafische Darstellungen derartiger Abhängigkeiten jeweils zweier Betriebsparameter voneinander, nämlich die Abhängigkeiten einer Energieintensität E nach Materialzerkleinerung (d.h. eines Energiebedarfs E pro Masse Mahlgut in dessen finaler Qualität) von der Überlaufdicke R_{cl} des Klassierers 3 (FIG 2), einer Umlaufbelastung C der Zerkleinerungsanlage 1 mit Erz von einer Mühlenproduktivität Q_{gk} nach Fertigklasse (FIG 3), der Energieintensität E nach Materialzerkleinerung von dem Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2 (FIG 4), der Mühlenproduktivität Q_r nach Ausgangserz von der Energieintensität E nach Materialzerkleinerung (FIG 5), des Füllvolumens V der Mühle 2 von der Mühlenproduktivität Q_r nach Ausgangserz (FIG 6), der Motorleistung P_{dv} der Mühle 2 von der Mühlenproduktivität Q_r nach Ausgangserz (FIG 7), der Umlaufbelastung C von dem Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2 (FIG 8), der Mühlenproduktivität Q_r nach Ausgangserz von dem Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2 (FIG 9), der Mühlenproduktivität Q_{gk} nach Fertigklasse von der Umlaufbelastung C (FIG 10), der Mühlenproduktivität Q_r nach Ausgangserz von der Überlaufdicke R_{cl} des Klassierers 3 (FIG 11) und von der Mühlenproduktivität Q_{gk} nach Fertigklasse (FIG 12), des Verhältnisses W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2 von der Überlaufdicke R_{cl} des Klassierers 3 (FIG 13), des Füllvolumens V der Mühle 2 von dem Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2 (FIG 14), der Energieintensität E nach Materialzerkleinerung von dem Füllvolumen V der Mühle 2 (FIG 15), der Mühlenproduktivität Q_r nach Ausgangserz von einem Anteil S_{cl} der Fertigklasse im Klassiererüberlauf (FIG 16), einer Überlastung I_{per} der Mühle 2 von der Energieintensität E nach Materialzerkleinerung (FIG 17), der Mühlenproduktivität Q_{gk} nach Fertigklasse von der Energieintensität E nach Materialzerkleinerung (FIG 18), der Motorleistung P_{dv} der Mühle 2 von dem Füllvolumen V der Mühle 2 (FIG 19), der Mühlenproduktivität Q_r nach Ausgangserz von der Überlaufdicke R_{cl} des Klassierers 3 (FIG 20), des Eisengehalts Fe im Zwischenprodukt der ersten Abscheidungsstufe von dem Anteil S_{cl} der Fertigklasse im Klassiererüberlauf (FIG 21), von der Überlaufdicke R_{cl} des Klassierers 3 (FIG 22) und von der Motorleistung P_s des Separators 4 (FIG 23), der Mühlenproduktivität Q_r nach Ausgangserz von der Motorleistung P_s des Separators 4 (FIG 24), einem Ausbringen Y des Zwischenprodukts der ersten Abscheidungsstufe von der Trommeldrehzahl n des Separators 4 (FIG 25), von der Überlaufdicke R_{cl} des Klassierers 3 (FIG 26) und von der Motorleistung P_s des Separators 4 (FIG 27) sowie des Eisengehalts F_{eg} in den Tailings der ersten Abscheidungsstufe von der Motorleistung P_s des Separators 4 (FIG 28).

[0036] Im Folgenden werden mehrere auf die Figuren 1 bis 29 bezogene Regelungen von Teilprozessen der Zerkleinerung des Mahlguts beschrieben, die sowohl unabhängig voneinander als auch wahlweise miteinander kombiniert Ausführungsbeispiele der Erfindung beschreiben.

[0037] Zunächst wird als ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Regelung der Produktivität der Zerkleinerung des Mahlgutes unter Berücksichtigung des Füllvolumens V der Mühle 2 und der Wasserführung beschrieben. Voraussetzung für die Durchführung dieser Produktivitätsregelung sind in einem vorgegebenen Bereich stabilisierte Qualitätskennziffern für den Eisengehalt Fe im Zwischenprodukt der ersten Abscheidungsstufe sowie den Eisengehalt in Haldenresten, die in Echtzeit anhand indirekter Kennzahlen geprüft werden.

[0038] Die Diagnose der Produktivitätsregelung für die Roherzzerkleinerung wird gemäß der in den Figuren 4 bis 7,

9 bis 11, 15, 19 und 24 dargestellten nichtlinearen Abhängigkeiten mit Hilfe einer unten beschriebenen Prüfmatrix für eine Regelung eines Roherzdurchsatzes der Mühle 2 durchgeführt. Auf der Grundlage der Prüfmatrix erfolgt die Prüfung auf einen uneffektiven, effektiven oder optimalen Zustand der Prozesssteuerung zur Produktivitätsregelung unter Berücksichtigung der Wasserführung in der Mühle 2 und Separatorbeschickung gemäß der folgenden Tabelle [1].

Tabelle [1]:

dQr/dt	+	-	-
dV/dt	+	-	-
dE/dt	-	+	+
dE/dV	+	-	0
dPdv/dV	-	+	0
d (W/F) /dE	+	-	0
dQr/dPdV	-	+	0
dQr/d(W/F)	-	+	0
dQr/Ps	-	+	0
dQgk/dC	-	+	0
Bewertung	uneffektiv	effektiv	optimal

[0039] Tabelle [1] enthält Vorzeichen der ersten Ableitungen verschiedener Betriebsparameter jeweils nach einer Zeit t oder nach einem anderen Betriebsparameter, wobei der Wert 0 das Verschwinden einer ersten Ableitung angibt. Diese Vorzeichen bilden die oben genannte Prüfmatrix für die Regelung des Roherzdurchsatzes der Mühle 2. Die letzte Zeile der Tabelle [1] enthält die Zustandsbewertung, anhand derer der Roherzdurchsatz geregelt wird. Der optimale Zustand ist durch das Verschwinden der ersten Ableitungen dE/dV , $dPdv/dV$, $d(W/F)/dE$, dQr/dP , $dQr/d(W/F)$, dQr/Ps und $dQgk/dC$ definiert. Die Regelung des Roherzdurchsatzes der Mühle 2 erfolgt derart, dass der optimale Zustand erreicht bzw. eingehalten wird.

[0040] Im Falle eines uneffektiven Zustands erhalten die Regler 22 die Aufgabe zur Verringerung der Erzbeschickung der Mühle 2 durch den Regler 22 für die Mühlenproduktivität Qr nach Ausgangserz unter Berücksichtigung der Verringerung des Füllvolumens V oder zur Verringerung des Wasserverbrauchs der Mühle 2 durch den Regler 22 für das Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2 unter Berücksichtigung der Dichteerhöhung im Mühlenauslauf oder der Dichteverringern im Klassiererauslauf durch den Regler 22 für die Überlaufdicke Rcl des Klassierers 3. Bei uneffektivem Betrieb verringert sich auch der Eisengehalt Fe im Zwischenprodukt.

[0041] Im Falle eines effektiven Zustands erhalten die Regler 22 die Aufgabe zur Erhöhung der Erzbeschickung der Mühle 2 den Regler 22 für die Mühlenproduktivität Qr nach Ausgangserz unter Berücksichtigung der Erhöhung des Füllvolumens V oder zur Erhöhung des Wasserverbrauchs der Mühle 2 durch den Regler 22 für das Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2 unter Berücksichtigung der Dichteverringern im Mühlenauslauf oder der Dichteerhöhung im Klassiererauslauf durch den Regler 22 für die Überlaufdicke Rcl des Klassierers 3. Bei effektivem Betrieb erhöht sich auch der Eisengehalt Fe im Zwischenprodukt.

[0042] Stabilisiert wird die Beschickung der Mühle 2 mit Mahlgut bei Erreichen der optimalen Parameter $dPdv/dQr=0$, $dPdv/dF=0$ und $dE/dF=0$ für das Füllvolumen V der Mühle 2 mit Erzmasse.

[0043] Stabilisiert wird das Füllvolumen V auch unter Berücksichtigung der Wasserführung in der Mühle 2 bei Erreichen der optimalen Parameter $dE/d(W/F)=0$ und $dQr/d(W/F)=0$.

[0044] Stabilisiert wird ferner unter Berücksichtigung der Umlaufbelastung bzw. bei Erreichen der optimalen Parameter $dQgk/dC=0$.

[0045] Stabilisiert wird auch bei optimaler Beschickung des Separators 4, die durch $dQr/dPs=0$ erreicht wird.

[0046] Im Folgenden wird als ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Regelung der Pulpedichte des Klassiererauslaufs beschrieben. Voraussetzung auch für die Durchführung der Diagnose der Pulpedichte des Klassiererauslaufs sind in einem vorgegebenen Bereich stabilisierte Qualitätskennziffern für den Eisengehalt Fe im Zwischenprodukt der ersten Abscheidungsstufe sowie den Eisengehalt in Haldenresten, die in Echtzeit anhand indirekter Kennzahlen geprüft werden.

[0047] Die Diagnose des Klassiererbetriebs erfolgt ähnlich wie die oben beschriebene Diagnose der Produktivitätsregelung auf der Basis einer Prüfmatrix, die in diesem Fall auf der Grundlage der in den Figuren 11, 13 und 22 dargestellten nichtlinearen Abhängigkeiten definiert wird. Auf der Grundlage der Prüfmatrix erfolgt die Prüfung auf einen uneffektiven,

effektiven oder optimalen Zustand der Prozesssteuerung für die Klassierung der Produkte im Klassierer 3 in Abhängigkeit von Durchsatz, Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2, Eisengehalt Fe im Zwischenprodukt der ersten Separationsstufe und Ausbeute an Zwischenprodukt der ersten Separationsstufe gemäß der folgenden Tabelle [2].

Tabelle [2] :

dRcl/dt	-	+	-
dQr/dt	-	+	-
d (W/F) /dt	-	-	-
dFe/dt	+	-	+
Qr dop	Qr>Qr dop	Qr<Qr dop	Qr=Qr dop
Fe dop	Fe>Fe dop	Fe<Fe dop	Fe=Fe dop
Bewertung	effektiv	uneffektiv	optimal

[0048] Dabei wird hier und im Folgenden die Bezeichnung "dop" für einen zugelassenen Wert eines Parameters verwendet, d.h. Qr dop und Fe dop bezeichnen jeweils zugelassene Werte der Mühlenproduktivität Qr nach Ausgangserz bzw. des Eisengehalts Fe im Zwischenprodukt.

[0049] Im Falle eines uneffektiven Zustands erhalten die Regler 22 die Aufgabe Erhöhung der Erzbeschickung der Mühle 2 durch den Regler 22 für die Mühlenproduktivität Qr nach Ausgangserz unter Berücksichtigung der Erhöhung des Füllvolumens V oder zur Erhöhung des Wasserverbrauchs der Mühle 2 durch den Regler 22 für das Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2 unter Berücksichtigung der Dichteerhöhung im Mühlenauslauf oder der Dichteverringerng im Klassiererauslauf durch den Regler 22 für die Überlaufdicke Rcl des Klassierers 3. Bei uneffektivem Betrieb verringert sich auch der Eisengehalt Fe im Zwischenprodukt.

[0050] Im Falle eines effektiven Zustands erhalten die Regler 22 die Aufgabe zur Verringerung der Erzbeschickung der Mühle 2 den Regler 22 für die Mühlenproduktivität Qr nach Ausgangserz unter Berücksichtigung der Verringerung des Füllvolumens V oder zur Verringerung des Wasserverbrauchs der Mühle 2 durch den Regler 22 für das Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2 unter Berücksichtigung der Dichteverringerng im Mühlenauslauf oder der Dichteerhöhung im Klassiererauslauf durch den Regler 22 für die Überlaufdicke Rcl des Klassierers 3. Bei effektivem Betrieb erhöht sich auch der Eisengehalt Fe im Zwischenprodukt.

[0051] Stabilisiert wird die Beschickung der Mühle 2 mit Mahlgut bei Erreichen der optimalen Parameter $dQr/dPs=0$ für die Dichte des Klassiererauslaufs und die Ausbeute an Zwischenprodukt.

[0052] Im Folgenden wird als ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Regelung des Roherzdurchsatzes der Mühle bei Optimierung der Wasserführung in der Zerkleinerungsanlage beschrieben. Voraussetzung auch für diese Regelung sind in einem vorgegebenen Bereich stabilisierte Qualitätskennziffern für den Eisengehalt Fe im Zwischenprodukt der ersten Abscheidungsstufe sowie den Eisengehalt in Haldenresten, die in Echtzeit anhand indirekter Kennzahlen geprüft werden.

[0053] Die Diagnose des Klassiererbetriebs erfolgt auf der Basis einer Prüfmatrix, die in diesem Fall auf der Grundlage der in den Figuren 4, 8, 9 und 13 dargestellten nichtlinearen Abhängigkeiten definiert wird. Auf der Grundlage der Prüfmatrix erfolgt die Prüfung auf einen uneffektiven, effektiven oder optimalen Zustand der Prozesssteuerung zur Regelung des Roherzdurchsatzes unter Berücksichtigung der Wasserführung in der Mühle 2 gemäß der folgenden Tabelle [3].

Tabelle [3]:

dRcl/dt	+	+	0
dQr/dt	-	+	0
d (W/F) /dt	-	-	0
dC/dt	-	+	0
dE/dt	+	-	0
C dop	C<C dop	C<C dop	C<C dop
(W/F)dop	W/F < (W/F) dop	W/F < (W/F) dop W/F > (W/F) dop	W/F = (W/F) dop

(fortgesetzt)

Rcl dop	Rcl<Rcl dop	Rcl>Rcl dop	Rcl=Rcl dop
Bewertung	effektiv	uneffektiv	optimal

[0054] Im Folgenden wird als ein viertes Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Regelung des Energiebedarfs E bei der Roherzzerkleinerung beschrieben. Die Diagnose der Regelung des Energiebedarfs für die Roherzzerkleinerung erfolgt unter der Voraussetzung der Minimierung des Energieverbrauchs bei vorgegebenen Grenzen der Qualitätskennwerte für den Eisengehalt Fe des Zwischenprodukts.

[0055] Die Diagnose des Energieverbrauchs bei der Erzverarbeitung erfolgt auf der Basis einer Prüfmatrix für die Energiebedarfssteuerung, die auf der Grundlage der in den Figuren 2, 4, 5, 15 und 18 dargestellten nichtlinearen Abhängigkeiten definiert wird. Auf der Grundlage der Prüfmatrix erfolgt die Prüfung auf einen uneffektiven, effektiven oder optimalen Zustand der Prozesssteuerung für die Zerkleinerung, Produktklassierung und Wasserführung in der Mühle 2 gemäß der folgenden Tabelle [4].

Tabelle [4] :

dE/dt	+	-	+
dRcl/dt	+	-	-
dQr/dt	+	-	+
dE/d (W/F)	-	+	0
dE/dV	-	+	0
dQgk/dt	+	+	+
Qgk dop	Qgk>Qgk dop	Qgk<Qgk dop	Qgk=Qgk dop
E dop	E<E dop	E>E dop	E=E dop
Bewertung	effektiv	uneffektiv	optimal

[0056] Im Falle eines uneffektiven Zustands erhalten die Regler 22 die Aufgabe zur Erhöhung der Erzbeschickung der Mühle 2 durch den Regler 22 für die Mühlenproduktivität Qr nach Ausgangserz unter Berücksichtigung der Erhöhung des Füllvolumens V oder zur Erhöhung des Wasserverbrauchs der Mühle 2 durch den Regler 22 für das Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2 unter Berücksichtigung der Dichteerhöhung im Mühlenauslauf oder der Dichteverringerng im Klassiererauslauf durch den Regler 22 für die Überlaufdicke Rcl des Klassierers 3. Bei uneffektivem Betrieb verringert sich auch der Eisengehalt Fe im Zwischenprodukt.

[0057] Im Falle eines effektiven Zustands erhalten die Regler 22 die Aufgabe zur Verringerung der Erzbeschickung der Mühle 2 den Regler 22 für die Mühlenproduktivität Qr nach Ausgangserz unter Berücksichtigung der Verringerung des Füllvolumens V oder zur Verringerung des Wasserverbrauchs der Mühle 2 durch den Regler 22 für das Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2 unter Berücksichtigung der Dichteverringerng im Mühlenauslauf oder der Dichteerhöhung im Klassiererauslauf durch den Regler 22 für die Überlaufdicke Rcl des Klassierers 3. Bei effektivem Betrieb erhöht sich auch der Eisengehalt Fe im Zwischenprodukt.

[0058] Stabilisiert wird die Beschickung der Mühle 2 mit Mahlgut und Wasserzufuhr bei Erreichen der optimalen Parameter $dE/dV=0$ und $dE/d(W/F)=0$ für das Füllvolumen V.

[0059] Im Folgenden wird als ein fünftes Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Regelung der Zwischenproduktqualität bei der Roherzzerkleinerung beschrieben. Die Diagnose der Regelung der Zwischenproduktqualität erfolgt unter der Voraussetzung der Minimierung des Energieverbrauchs bei vorgegebenen Grenzen der Qualitätskennwerte für den Eisengehalt Fe des Zwischenprodukts.

[0060] Die Diagnose der Zwischenproduktqualität bei der Erzverarbeitung erfolgt auf der Basis einer Prüfmatrix für die Qualitätssteuerung, die auf der Grundlage der in den Figuren 21 bis 24, 26 und 27 dargestellten nichtlinearen Abhängigkeiten definiert wird. Auf der Grundlage der Prüfmatrix erfolgt die Prüfung auf einen uneffektiven, effektiven oder optimalen Zustand der Qualitätssteuerung gemäß der folgenden Tabelle [5].

Tabelle [5]:

dRcl/dt	+	-	+
---------	---	---	---

(fortgesetzt)

dSc/dt	-	+	-
dQ/dt	-	+	-
dFe/dt	-	+	-
dQr/dPs	+	-	0
dS	-	+	-
dY/dPs	+	-	0
Bewertung	effektiv	uneffektiv	optimal

[0061] Im Falle eines uneffektiven Zustands erhalten die Regler 22 die Aufgabe zur Verringerung der Erzbeschickung der Mühle 2 durch den Regler 22 für die Mühlenproduktivität Qr nach Ausgangserz unter Berücksichtigung der Verringerung des Füllvolumens V oder zur Verringerung des Wasserverbrauchs der Mühle 2 durch den Regler 22 für das Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2 unter Berücksichtigung der Dichteerhöhung im Mühlenauslauf oder der Dichteverringerng im Klassiererauslauf durch den Regler 22 für die Überlaufdicke Rcl des Klassierers 3. Bei uneffektivem Betrieb verringert sich auch der Eisengehalt Fe im Zwischenprodukt.

[0062] Im Falle eines effektiven Zustands erhalten die Regler 22 die Aufgabe zur Erhöhung der Erzbeschickung der Mühle 2 den Regler 22 für die Mühlenproduktivität Qr nach Ausgangserz unter Berücksichtigung der Erhöhung des Füllvolumens V oder zur Erhöhung des Wasserverbrauchs der Mühle 2 durch den Regler 22 für das Verhältnis W/F flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle 2 unter Berücksichtigung der Dichteverringerng im Mühlenauslauf oder der Dichteerhöhung im Klassiererauslauf durch den Regler 22 für die Überlaufdicke Rcl des Klassierers 3. Bei effektivem Betrieb erhöht sich auch der Eisengehalt Fe im Zwischenprodukt.

[0063] Stabilisiert wird die Beschickung der Mühle 2 mit Mahlgut und Wasserzufuhr bei Erreichen der optimalen Parameter dQr/dPs=0 und dY/dPs=0.

[0064] Im Folgenden werden beispielhaft Ausgestaltungen oben genannter Ausführungsbeispiele der Erfindung zur Regelung einer Zerkleinerungsanlage 1 beschrieben.

[0065] Im Folgenden werden zusammenwirkende Algorithmen für die Minimierung des Energiebedarfs bei der Befüllung der Mühle 2 mit Erz und für die Regelung der Wasserzuführung in die Mühle 2 beschrieben. In der Regelungsreihenfolge haben dabei die Regelkreise für das Erz Vorrang (s. Figuren 5, 7, 8, 15, 24) vor den Regelkreisen für die Wasserführung in der Mühle 2 und dem Klassierer 3 (s. Figuren 8, 9, 11).

[0066] Das Kriterium der Regelung gemäß einem ersten Algorithmus ist die Minimierung des Energiebedarfs bei optimalem Füllvolumen V der Mühle 2 mit Roherz (s. Figuren 5, 15).

[0067] Die Diagnose der Produktivitätsregelung für die Roherzzerkleinerung erfolgt bei der Steuerung des Roherzdurchsatzes der Mühle 2 auf der Grundlage der Abhängigkeiten gemäß Tabelle [1], mit welcher die Effektivitätsprüfung (uneffektiver, effektiver, optimaler Zustand) der Prozesssteuerung und der Durchsatzregelung unter Berücksichtigung der Wasserführung in der Mühle 2 und der Belastungen des Separators 4 durchgeführt werden.

[0068] Zunächst wird die Regelung und Diagnose der Durchsatzsteuerung unter Berücksichtigung der Minimierung des Energieverbrauchs bei der Regelung des optimalen Füllvolumens V der Mühle 2 aufgeführt. Dabei wird ein Einstellwert für die Änderung der Erzmasse in der Mühle 2 unter Berücksichtigung der Änderung des Füllvolumens V der Mühle 2 und des Energiebedarfs (Energieintensität) E gemäß folgender Gleichung geändert:

$$Q_n = Q_{\text{lauf}} + / - (dE/dV) \, dq \quad [6]$$

[0069] Dabei wurden folgende Bezeichnungen verwendet:

Qlauf: aktueller Einstellwert des Durchsatzes;
 Qn: neuer Einstellwert;
 dq: Schritt der Vergrößerung/Verringerung der Einstellung;
 dE=Elauf-Evor: Anstieg/Änderung des Energiebedarfs E;
 dV=Vlauf-Vvor: Anstieg/Änderung des Füllvolumens V;

dabei werden hier und im Folgenden die Bezeichnung "lauf" für einen aktuellen Wert eines Parameters und die Bezeichnung "vor" für einen dem aktuellen Wert zeitlich vorhergehenden Wert des jeweiligen Parameters verwendet.

[0070] Der Schlüssel für die Effektivitätsdiagnose der Steuerung gemäß Gleichung [6] ist das Vorzeichen der Ableitung

dE/dV bei der Steuerung der Beschickung der Mühle 2.

[0071] Auf der Basis der Prüfmatrix gemäß Tabelle [1] und der Abbildungen der statischen Kenngrößen wird die Effektivität der Prozesssteuerung nach drei Zuständen bewertet:

- im Falle eines uneffektiven Zustands der Steuerung nimmt dE/dV einen positiven Wert an, was auf den Anstieg des Energiebedarfs E und eine Verringerung des Roherzdurchsatzes hinweist;
- im Falle eines effektiven Zustands nimmt dE/dV einen negativen Wert an, was auf die Verringerung des Energiebedarfs E und einen Anstieg des Roherzdurchsatzes hinweist;
- im Falle eines optimalen Zustands verschwindet dE/dV, was auf den optimalen Energiebedarf E und den optimalen Roherzdurchsatz unter Berücksichtigung des Füllvolumens V hinweist.

[0072] Als Schlüsselement der Steuerung für die Analyse der Betriebszustände der Zerkleinerungsanlage 1 können in der Gleichung [6] anstelle der Ableitung dE/dV andere Ableitungen, die die Änderung der Produktivität der Mühle gemäß Tabelle [1] definieren, verwendet werden. Der Einstellwert des Durchsatzes gemäß Gleichung [6] wird auf der Basis der gleitenden Mittelwerte der Prozessprüfparameter (Elauf, Evor, Qr vor, Qr lauf, Vlauf, Vvor) im Anstand von beispielsweise acht bis zehn Minuten verändert.

[0073] Wenn der gleitende Mittelwert Qr im Zeitraum von acht bis zehn Minuten der Optimierungsbedingung $Q_r = Q_{r \text{ opt}}$ mit $Q_{\min} < Q_{r \text{ opt}} < Q_{\max}$, wobei Qr opt ein optimaler Wert von Qr ist, genügt, so werden alle acht bis zehn Minuten die gleitenden Mittelwerte Elauf, Evor; Qr vor, Qr lauf; Vlauf, Vvor; Pdv lauf, Pdv vor geprüft. Dabei wird der Anstieg des Durchsatzes gemäß folgender Gleichung geprüft,

$$dQ_{r \text{ ein}} = Q_{r \text{ ein lauf}} - Q_{r \text{ ein vor}} \quad [7]$$

wobei Qr ein einen Eingangswert von Qr bezeichnet.

[0074] Analog wird alle acht bis zehn Minuten eine Analyse der technologischen Zerkleinerungssituation unter Berücksichtigung der Änderung der Parameter durchgeführt. Auf der Basis dieser Analyse wird die Suche des neuen Einstellwertes Qr unter Berücksichtigung der Vorzeichen der Ableitungen dQr/dt, dE/dt, dE/dV durchgeführt.

[0075] Als Beispiel für die Diagnose wird das Zerkleinerungsverhalten in Bezug auf die Änderung des Einstellwertes für den Durchsatz bei uneffektivem, effektivem und optimalem Zustand unter Berücksichtigung des Energiebedarfs E und des Füllvolumens V betrachtet:

- a) wenn $dQ_r > 0$, $dE < 0$, $dE/dV > 0$ (uneffektiver Betrieb), wird der Einstellwert für dQr ein gemäß folgender Gleichung verringert:

$$Q_{r \text{ ein}} = Q_{r \text{ ein lauf}} - (dE/dV) \, dq \quad [8]$$

- b) wenn $dQ_r < 0$, $dE > 0$, $dE/dV < 0$ (effektiver Betrieb), wird der Einstellwert wird gemäß folgender Gleichung erhöht

$$Q_{r \text{ ein}} = Q_{r \text{ ein lauf}} - (-dE/dV) \, dq \quad [9]$$

- c) wenn $dE/dV = 0$, so bleibt die Einstellung auf dem bisherigen Wert, wodurch das optimale Füllvolumen V der Mühle 2 definiert wird. Der Durchsatz wird dabei auf dem optimalen Wert stabilisiert gemäß

$$Q_{r \text{ ein}} = Q_{r \text{ ein lauf}} \quad [10]$$

[0076] Wenn durch eine Änderung der physikalischen und mechanischen Eigenschaften des Roherzes (z.B. Erhöhung der Erzfestigkeit, Verschlechterung der Mahlbarkeit, Vergrößerung der Korngröße) ein Anstieg des Energiebedarfs E und dabei eine Verringerung des Roherzdurchsatzes Qr erfolgt, ist es notwendig, die Ursache der Produktivitätsverringern festzustellen. Dazu wird bestimmt, in welchem Kennlinienbereich E(V) (s. FIG 15) sich der Zerkleinerungsbetrieb in Bezug auf die Beschickungsparameter (Unterlast, Überlast oder optimale Mühlenfüllung) befindet:

a) Wenn der vorherige letzte Wert der Ableitung dE/dt des Energiebedarfs E nach der Zeit gemäß

$$E_{\text{lauf}} \leq E^*_{\text{min}} + [k_1 E^*_{\text{min}} dE/dV] \text{ mit } 0,05 \leq k_1 \leq 0,1 \quad [11]$$

negativ oder Null war, wobei E^*_{min} den letzten vorhergehenden gleitenden Mittelwert der Zerstörungsenergie bezeichnet, aber im aktuellen Schritt eine Vorzeichenänderung der Ableitung dE/dV gemäß

$$E_{\text{lauf}} > E^*_{\text{min}} + [k_1 E^*_{\text{min}} dE/dV] \quad [12]$$

stattgefunden hat, so ändert sich in diesem Fall auf der Basis der Gleichungen [11], [12] das Vorzeichen der Ableitung dE/dV im zu kontrollierenden Zeitabschnitt von einem positiven zu einem negativen Wert. Bei dieser Betriebsweise wird die Effektivität der Mahlung bei Minimierung des Energiebedarfs E erhöht. Das bedeutet, dass die Optimierungszone für das Füllvolumen V der Mühle 2 gefunden und die Minimierung des Energiebedarfs E zur Zerstörung des Erzes mit den vorhandenen mechanischen und physikalischen Eigenschaften erreicht wurde. Die Überprüfung der gefundenen Optimierungszone unter Berücksichtigung des letzten Einstellwertes für die Erzaufgabe in die Mühle 2 wird im Verlauf von beispielsweise ein bis drei Prüfzeitabschnitten durchgeführt, wobei der Qr-Einstellwert nicht geändert wird.

b) Wenn sich die Effektivität der Mahlung verringert und dabei ein Anstieg des Energiebedarfs E gemäß

$$E_{\text{lauf}} \geq E^*_{\text{min}} + 0,1 E^*_{\text{min}} \quad [13]$$

festgestellt wird, ist es erforderlich, die Ursache für die Betriebsverschlechterung zu ermitteln, was wiederum auf der Basis von Ableitungen erfolgt:

- Wenn $dQr > 0$, $dP/dV > 0$, $dE/dV < 0$, ist die Mühle unterbelastet; dann wird eine Erhöhung des Einstellwertes für den Durchsatz um einen Wert dQr_2 , der kleiner als ein Anfangsschritt dQr_1 ist, durchgeführt. Es wird ein Modus der langsamen Annäherung an die Optimierungszone mit $dQr_2 < dQr_1$ unter Verwendung einer kleineren Einstellungsänderung des Erzdurchsatzes eingeführt, zum Beispiel gemäß $dQr_2 = k_2 dQr_1$ mit $0,2 \leq k_2 \leq 0,5$. Dann wird der neue Einstellwert gemäß

$$Qr_{\text{ein}} = Qr_{\text{ein lauf}} - k_2 dQr_{\text{ein}} \quad [14]$$

ermittelt.

- Wenn sich der Durchsatz verringert, d.h. $dQ < 0$, $dP/dV < 0$, $dE/dV > 0$, kann sich die Mühle 2 unmittelbar vor der Überlastung oder im Bereich der Überlastung befinden. In diesem Fall wird eine Verringerung des Einstellwertes um einen Wert dQr_2 , der ebenfalls kleiner als ein Anfangsschritt dQr_1 ist, durchgeführt, zum Beispiel gemäß $dQr_2 = k_3 dQr_1$ mit $0,2 \leq k_3 \leq 0,5$. Dann wird der neue Einstellwert gemäß

$$Qr_{\text{ein}} = Qr_{\text{ein lauf}} - k_3 dQr_{\text{ein}} \quad [15]$$

ermittelt. Gleichung [15] bewirkt, dass die Mühle 2 den bezüglich des Füllvolumens V uneffektiven Zerkleinerungsmodus verlässt.

[0077] Wenn ein von einem Operator (Bediener) vorgegebener Einstellwert bei der Steuerung von lokalen Regelinstrumenten der folgenden Bedingung

$$Qr_{\text{ein lauf}} \leq Qr_{\text{ein opt}} \quad [16]$$

entspricht, dann befindet sich das System im Stabilisierungsmodus. $Qr_{\text{ein opt}}$ bezeichnet dabei die vom Bediener

festgelegte Einstellung.

[0078] FIG 29 zeigt ein Blockdiagramm eines zweiten Beispiels einer Zerkleinerungsanlage 1 zur Zerkleinerung eines Mahlgutes und eines Regelungssystems 20 zur Regelung der Zerkleinerungsanlage 1, anhand derer weitere Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben werden. Das Mahlgut ist in diesen Ausführungsbeispielen jeweils ebenfalls ein Erz.

[0079] Wie in dem in FIG 1 dargestellten ersten Beispiel umfasst die Zerkleinerungsanlage 1 eine Mühle 2, einen Klassierer 3 und einen Separator 4, wobei der Klassierer 3 und der Separator 4 in FIG 29 nicht noch einmal dargestellt sind. Zusätzlich umfasst die in FIG 29 dargestellte Zerkleinerungsanlage 1 eine der Mühle 2 vorgeschaltete Brechanlage 5 zum Feinbrechen des Erzes.

[0080] Die Brechanlage 5 umfasst mehrere Bunker 6, mehrere Dosierer 7, mehrere Brecher 8, mehrere Siebe 9, ein Zwischenlager 10, eine Dosiervorrichtung 11, ein Umlaufband 12 und ein Förderband 13.

[0081] Das Regelungssystem 20 umfasst jeweils wenigstens einen Messwertgeber 21 für einen Materialbestand H1 bis H4 in jedem Bunker 6, eine Dosierergeschwindigkeit nd1 bis nd4 jedes Dosierers 7, eine Motorleistung N1 bis N4 jedes Brechers 8, eine Energieintensität E1 bis E4 jedes Brechers 8, eine Brechspaltgröße B1 bis B4 jedes Brechers 8, eine Taumelbewegung n1 bis n4 eines Brechkegels jedes Brechers 8, eine Sieböffnungsgröße L1 bis L4 jedes Siebes 9, ein Siebüberlaufgewicht T1 bis T4 jedes Siebes 9, ein Siebunterlaufgewicht C1 bis C4 jedes Siebes 9, eine Siebklassierungseffektivität Esib1 bis Esib4 jedes Siebes 9, ein Erzgewicht Qz des Siebunterlaufs nach einem Mittelbrechen, ein Erzgewicht Qg des Siebüberlaufs nach einem Mittelbrechen, eine Nennkorngröße d eines Brechprodukts, ein Erzgewicht des der Mühle zugeführten Erzes zur Erfassung einer Mühlenproduktivität Qr nach Ausgangserz und die Motorleistung Pdv der Mühle 2.

[0082] Ferner umfasst das Regelungssystem 20 jeweils wenigstens einen Regler 22 für eine Reihenfolge R einer Bunkerbeschickung der Bunker 6, die Dosierergeschwindigkeit nd1 bis nd4 jedes Dosierers 7, die Motorleistung N1 bis N4 und Energieintensität E1 bis E4 jedes Brechers 8, die Taumelbewegung n1 bis n4 eines Brechkegels jedes Brechers 8, die Sieböffnungsgröße L1 bis L4 jedes Siebes 9 und die Mühlenproduktivität Qr nach Ausgangserz (Mühlenbeschickung mit Erz).

[0083] Außerdem umfasst das Regelungssystem 20 eine Steuereinheit 23 zur Auswertung von Messdaten der Messwertgeber 21 und zur Ansteuerung der Regler 22. Der Steuereinheit 23 wird eine vorgebbare Sollkorngröße dsoll zugeführt.

[0084] Die Regelung des Feinbrechvorgangs erfolgt mit einer Kontrolle einer Korngröße des Brechererzes, Energiekennwerten und einer Produktivität des Brechbereichs, angepasst an die Produktivität der Mühle 2 im Zerkleinerungsbereich und unter Berücksichtigung der Größe des Endproduktes des Brechvorgangs und der Produktivität der Mühle 2. Dabei wird eine On-Line-Messung einer Korngröße des Endproduktes verwendet und eine Echtzeit-Kontrolle technologischer Parameter der Brechprozesse (Produktivität, Korngröße der Brechprodukte, Brechstufe, Energiekennwerte, Effizienz der Klassierung mit dem Sieb) realisiert. Ein Teil dieser Parameter wird direkt gemessen, der restliche Teil wird errechnet.

[0085] Ziel der Regelung ist die Maximierung des Durchsatzes der gesamten Zerkleinerungsanlage 1 und Minimierung der dazu verwendeten Energie bei stabiler Kornzusammensetzung des Endproduktes, um eine minimale Korngröße des Brechprodukts in den Sollgrenzen bei maximal möglicher Produktivität des Feinbrechprozesses und maximal möglicher Produktivität der Mühle 2 des ersten Zerkleinerungsstadiums des Aufarbeitungsbereichs zu erreichen. Dazu werden die Prozesse des Brechens, Siebens und Mahlens des Erzes aufeinander abgestimmt und optimiert unter Berücksichtigung zufälliger Änderungen der Festigkeitseigenschaften des Erzes, der Korngröße der Produkte nach einem Mittelbrechen und der Aufschüttung des Zwischenlagers 10. Dabei werden ähnlich wie in den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen Abhängigkeiten verschiedener Betriebsparameter verwendet.

[0086] Die Figuren 30 bis 41 zeigen qualitative grafische Darstellungen derartiger Abhängigkeiten jeweils zweier Betriebsparameter voneinander, nämlich die Abhängigkeiten eines Siebunterlaufgewichts C1 von der Brechspaltgröße B1 eines Brechers 8 (FIG 30), einer Siebklassierungseffektivität Esib1 von der Brechspaltgröße B1 eines Brechers 8 (FIG 31) und von der Brecherproduktivität Q1 eines Brechers 8 nach Ausgangserz (FIG 32), eines Siebüberlaufgewichts T1 von der Brechspaltgröße B1 eines Brechers 8 (FIG 33), eines Siebunterlaufgewichts C1 von einer Brecherproduktivität Q1 eines Brechers 8 nach Ausgangserz (FIG 34), einer Brecherproduktivität Q1 eines Brechers 8 nach Ausgangserz von der Nennkorngröße d des Brechprodukts (FIG 35), der Motorleistung N1 eines Brechers 8 von der Brechspaltgröße B1 des Brechers 8 (FIG 36) und von der Brecherproduktivität Q1 des Brechers 8 nach Ausgangserz (FIG 37), der Energieintensität E1 eines Brechers 8 von der Brecherproduktivität Q1 des Brechers 8 nach Ausgangserz (FIG 38) und von der Brechspaltgröße B1 des Brechers 8 (FIG 39), sowie der Taumelbewegung n1 eines Brechkegels eines Brechers 8 von der Brecherproduktivität Q1 des Brechers 8 nach Ausgangserz (FIG 40) und von der Nennkorngröße d des Brechprodukts (FIG 41). Dabei zeigt FIG 34 die Abhängigkeit eines Siebunterlaufgewichts C1 von der Brecherproduktivität Q1 eines Brechers 8 nach Ausgangserz für zwei verschiedene Siebausgangsbreiten, wobei der untere Funktionsgraph die Abhängigkeit für eine größere Siebausgangsbreite darstellt. FIG 37 zeigt die Abhängigkeit der Motorleistung N1 eines Brechers 8 von der Brecherproduktivität Q1 des Brechers 8 nach Ausgangserz für vier verschiedene Brechspalt-

größen B1 des Brechers 8, wobei die vier Funktionsgraphen Abhängigkeiten für von links nach rechts zunehmende Brechspaltgröße B1 darstellen.

[0087] Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung zur Regelung der Brechanlage 5 beschrieben. Die Regelung erfolgt dabei jeweils unter der Nutzung wenigstens eines der im Folgenden beschriebenen drei Regelkreise.

[0088] Ein erster Regelkreis zur Regelung der Brechanlage 5 optimiert die Produktivität des Erzbrechprozesses bei in Sollgrenzen stabilisierten Größen des Siebunterlaufs bei maximal zulässiger Siebeffizienz. Die Regelung der Produktivität des Zerkleinerungsprozesses erfolgt auf der Basis der in den Figuren 30 bis 41, 5 und 7 dargestellten Abhängigkeiten.

[0089] Der Steuereinheit 23 werden von den Messwertgebern 21 erfasste Messdaten zugeführt. Die Steuereinheit 23 ermittelt aus diesen Messdaten momentane Werte erster Ableitungen für in den Figuren 30 bis 41, 5 und 7 dargestellte Funktionen. Die Regler 22 werden in Abhängigkeit dieser ermittelten Werte erster Ableitungen mittels der Steuereinheit 23 folgendermaßen angesteuert:

Eine Einspeisung von Erz zu Brechern 8 wird erhöht:

- bei negativen Ableitungswerten der Produktivität Q1 bis Q4 und negativen Ableitungswerten der Korngröße d des Brecherzes nach der Zeit (s. FIG 35);
- bei positiven Ableitungswerten der Klassierungseffizienz Esib1 bis Esib4 und negativen Ableitungswerten der Größe B1 bis B4 des Brechspalts nach der Zeit (s. FIG 31);
- bei negativen Ableitungswerten der Umlaufast T1 bis T4 und negativen Ableitungswerten der Größe B1 bis B4 des Brechspalts nach der Zeit (s. FIG 33);
- bei negativen Ableitungswerten der Leistung N1 bis N4 des Elektromotors des Brechers und negativen Ableitungswerten der Beschickung Q1 bis Q4 des Brechers nach der Zeit (s. FIG 37);
- bei negativen Ableitungswerten des Energiebedarfs N1 bis N4 des Brechers und positiven Ableitungswerten der Größe B1 bis B4 des Brechspalts nach der Zeit (s. FIG 39);
- bei negativen Ableitungswerten der Produktivität Q1 bis Q4 des Brechers und negativen Ableitungswerten der Pendelfrequenz n1 bis n4 des Kegels nach der Zeit (s. FIG 40).

[0090] Die Einspeisung zum Brecher wird reduziert:

- bei positiven Ableitungswerten der Produktivität Q1 bis Q4 und positiven Ableitungswerten der Korngröße d des Brecherzes nach der Zeit (s. FIG 35);
- bei negativen Ableitungswerten der Klassierungseffizienz Esib1 bis Esib4 und positiven Ableitungswerten der Größe B1 bis B4 des Brechspalts nach der Zeit (s. FIG 31);
- bei positiven Ableitungswerten der Umlaufast T1 bis T4 und positiven Ableitungswerten der Größe B1 bis B4 des Brechspalts nach der Zeit (s. FIG 33);
- bei positiven Ableitungswerten der Leistung N1 bis N4 des Elektromotors des Brechers und positiven Ableitungswerten der Beschickung Q1 bis Q4 des Brechers nach der Zeit (s. FIG 37);
- bei positiven Ableitungswerten des Energiebedarfs N1 bis N4 des Brechers und negativen Ableitungswerten der Größe des Brechspalts B1 bis B4 nach der Zeit (s. FIG 39);
- bei positiven Ableitungswerten der Produktivität Q1 bis Q4 des Brechers und positiven Ableitungswerten der Pendelfrequenz n1 bis n4 des Kegels nach der Zeit (s. FIG 40).

[0091] Stabilisiert wird der Aufgabeprozess für die Zerkleinerung nach Brecherbeschickung bei Erreichen folgender optimaler Parameter bei Nullwerten von Ableitungen: $dCi/dBi=0$ (s. FIG 30), $dEsibi/dQi=0$ (s. FIG 32), $dEi/dQi=0$ (s. FIG 38), jeweils für $i=1, \dots, 4$.

[0092] Angesichts der Tatsache, dass die Erze mit unterschiedlichen chemischen und mineralischen Eigenschaften und unterschiedlichen Festigkeiten vorkommen, was zu einer unterschiedlichen Durchsatzleistung der Mühle 2 für die

Endklasse führt, nehmen wir als Standardsituation des Prozesses "Brechen - Sieben - Lagern - Mahlen" die Verarbeitung des Ausgangsminerals.

[0093] Bei der Verarbeitung des Ausgangs-Erzminerals erfolgt das Brechen nur durch den Kegel mit Regelung der Spaltgröße. Im Fall der Änderung des Minerals mit großer Festigkeit im Brechprozess wird zusammen mit der Änderung des Brechspalts eines Brechers 8 auch die Pendelfrequenz des Brechkegels des Brechers 8 geregelt mit Gewährleistung der minimal möglichen Größen des Brechprodukts. Mit anderen Worten werden normalerweise nur die Brechspaltgrößen B1 bis B4 geregelt und ab einer vorgebbaren Erzfestigkeit zusätzlich auch die Pendelfrequenzen der Brechkegel der Brecher 8.

[0094] Das Brechen mit vorgegebenen minimalen Brechspaltgrößen B1 bis B4 ist auch zweckdienlich im Fall begrenzten Platzes für die Lagerung des Produkts im Zwischenlager 10. Falls in die Brecher 8 ein Mineral mit geringerer Festigkeit gelangt, besteht die Möglichkeit einer Erhöhung der Nennkorngröße d des Brechprodukts zur Erhöhung der Produktivität des Brechvorgangs. Dies kann für die Auffüllung des Zwischenlagers 10 bis zu einem bestimmten Niveau erforderlich sein, wenn der Bestand an Brechmaterial im Zwischenlager 10 unter einem vorgebbaren Wert liegt. Hierbei wird eine die Erhöhung der Nennkorngröße d weniger harten Erzes auf eine Sollproduktivität der Mühle 2 abgestimmt. In diesem Fall ist eine Erhöhung der Sieböffnungsgrößen L1 bis L4 erforderlich, um zu erreichen, dass Erz des Siebunterlaufs ins Zwischenlager 10 gelangt. Im Fall der technischen Unmöglichkeit der Regelung der Sieböffnungsgrößen L1 bis L4 begrenzt das Steuersystem der Optimierung der Produktivität die Größe des Brechprodukts in Übereinstimmung mit den maximalen Siebklassierungseffektivitäten Esib1 bis Esib4 jeweils in Abhängigkeit von der Brecherproduktivität Q1 bis Q4 eines Brechers 8 nach Ausgangserz (s. FIG 32).

[0095] Ein zweiter Regelkreis kontrolliert eine Überlastung des technologischen Zerkleinerungs- und Siebklassierungsprozesses unter Verwendung errechneter Überlastungsfaktoren, um eine Überbelastung der Brecher 8 in Bezug auf die Leistung und das Materialniveau im Aggregat zu verhindern. Zu einer Überlastung eines Brechers 8 in Bezug auf die Leistungsaufnahme kann es kommen, wenn der Input einen zulässigen Wert übersteigt, der durch die gewünschte Korngröße und die Festigkeitseigenschaften des Erzes sowie die Spaltweite definiert ist. Zur Überlastung eines Brechers 8 in Bezug auf die Materialmenge kommt es, wenn die Menge des Aufgabegutes pro Zeit einen maximal zulässigen Durchsatz durch den Brecher 8 bei gegebener Brechspaltgröße B1 bis B4 übersteigt.

[0096] Bei Überlastung oder Störung eines Brechers 8 wird der Überlastungsbetrieb im Echtzeitbetrieb mittels Relationszeichen der entsprechenden Ableitungen dC_i/dB_i (s. FIG 30) und dE_i/dQ_i (s. FIG 38) für $i \in \{1, \dots, 4\}$ kontrolliert, so dass $dC_i/dB_i < 0$ und $dE_i/dQ_i > 0$ gilt.

[0097] Bei Überlastung und Störung eines Siebes 9 wird der Überlastungsbetrieb im Echtzeitbetrieb mittels Relationszeichen der entsprechenden Ableitung $dEsib_i/dQ_i$ für $i \in \{1, \dots, 4\}$ (s. FIG 32) kontrolliert, so dass $dEsib_i/dQ_i < 0$ gilt.

[0098] Bei Erreichen eines stabilen grenzwertigen komplexen Gesamtkriteriums der Überlastung gemäß $I_{pi} > I_{pi\text{ dop}}$, wobei I_{pi} ein errechnetes Kriterium der Überlastung bezeichnet, verringert sich die Brecherbeschickung schrittweise bis zu einer stabilen Änderung der Vorzeichen der oben genannten Ableitungen.

[0099] Ein dritter Regelkreis optimiert die Produktivität des Mahlprozesses des Ausgangserzes bei stabilisierter Nennkorngröße d des Zwischenproduktes in vorgegebenen Grenzen unter Berücksichtigung der Erzfestigkeit in Abhängigkeit von den ersten Ableitungen unten genannter Funktionen.

[0100] Die Zuführung von Beschickungsgut in die Mühle 2 wird erhöht:

- bei negativen Werten der Ableitungen der Produktivität und positiven Werten der Zerkleinerungsenergie nach der Zeit (s. FIG 5) ;
oder
- bei einem positiven Wert der Ableitung dP_{dv}/dQ_r (s. FIG 7).

[0101] Die Zuführung von Beschickungsgut in die Mühle 2 wird verringert:

- bei positiven Werten der Ableitungen der Produktivität und negativen Werten der Zerkleinerungsenergie nach der Zeit (s. FIG 5) ;
- bei einem negativen Wert des Verhältnisses der Ableitung dP_{dv}/dQ_r (s. FIG 7).

[0102] Die Zuführung von Beschickungsgut in die Mühle 2 wird bei Erreichen von $dP_{dv}/dQ_r = 0$ stabilisiert.

[0103] Obwohl die Erfindung im Detail durch bevorzugte Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung und/oder Steuerung einer Zerkleinerungsanlage (1) mit einer Mühle (2), einem Klassierer (3) und einem Separator (4) zur Zerkleinerung eines Mahlgutes, wobei als wenigstens eine Führungsgröße der
5 Regelung und/oder Steuerung eine erste Ableitung einer Funktion, die die Abhängigkeit eines ersten Betriebsparameters der Zerkleinerungsanlage (1) von einem zweiten Betriebsparameter der Zerkleinerungsanlage (1) beschreibt, verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
10 **dadurch gekennzeichnet, dass** als wenigstens ein Sollwert eine Nullstelle einer als Führungsgröße verwendeten ersten Ableitung einer Funktion definiert wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Stellgröße in Abhängigkeit von wenigstens einem Vorzeichen einer als Führungsgröße verwendeten ersten Ableitung einer
15 Funktion geregelt und/oder gesteuert wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Regelung und/oder Steuerung der Produktivität der Zerkleinerung des Mahlgutes
20
 - als ein erster Betriebsparameter eine Energieintensität (E) nach Materialzerkleinerung und als ein zweiter Betriebsparameter ein Füllvolumen (V) der Mühle (2),
 - und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Motorleistung (P_{dv}) der Mühle (2) und als ein zweiter Betriebsparameter ein Füllvolumen (V) der Mühle (2),
 - und/oder als ein erster Betriebsparameter ein Verhältnis (W/F) flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der
25 Mühle (2) und als ein zweiter Betriebsparameter eine Energieintensität (E) nach Materialzerkleinerung,
 - und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Mühlenproduktivität (Q_r) nach einem Ausgangsmahlgut und als ein zweiter Betriebsparameter eine Motorleistung (P_{dv}) der Mühle (2),
 - und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Mühlenproduktivität (Q_r) nach einem Ausgangsmahlgut und als ein zweiter Betriebsparameter ein Verhältnis (W/F) flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle (2),
30
 - und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Mühlenproduktivität (Q_r) nach einem Ausgangsmahlgut und als ein zweiter Betriebsparameter eine Motorleistung (P_{dv}) des Separators (4),
 - und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Mühlenproduktivität (Q_{gk}) nach einer Fertigungsklasse und als ein zweiter Betriebsparameter eine Umlaufbelastung (C) verwendet werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Regelung und/oder Steuerung einer Pulpedichte eines Klassiererauslaufs des Klassierers (3) als ein erster Betriebsparameter eine
35 Mühlenproduktivität (Q_r) nach einem Ausgangsmahlgut und als ein zweiter Betriebsparameter eine Motorleistung (P_s) des Separators (4) verwendet werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Regelung und/oder Steuerung des Energiebedarfs der Zerkleinerung des Mahlgutes als ein erster Betriebsparameter ein Energiebedarf (E) nach Materialzerkleinerung und als ein zweiter Betriebsparameter ein Füllvolumen (V) der Mühle (2) und/oder
40 ein Verhältnis (W/F) flüssigen Materials zu Feststoffmaterial in der Mühle (2) verwendet werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Regelung und/oder Steuerung einer Zwischenproduktqualität bei der Zerkleinerung des Mahlgutes als ein erster Betriebsparameter eine Mühlenproduktivität (Q_r) nach Ausgangsmahlgut und/oder ein Ausbringen (Y) eines Zwischenprodukts einer
45 ersten Abscheidungsstufe und als ein zweiter Betriebsparameter eine Motorleistung (P_s) des Separators (4) verwendet werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
50 wobei die Zerkleinerungsanlage eine der Mühle (2) vorgeschaltete Brechanlage (5) mit wenigstens einem Brecher (8) zum Feinbrechen des Mahlgutes und wenigstens einem Sieb (9) zum Sieben des gebrochenen Mahlgutes aufweist,
55 **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Regelung und/oder Steuerung einer Produktivität des Feinbrechprozesses als ein erster Betriebsparameter eine Brecherproduktivität (Q₁ bis Q₄) wenigstens eines Brechers (8) nach Ausgangserz und als ein zweiter Betriebsparameter eine Brechspaltgröße (B₁ bis B₄) eines Brechspalts des Brechers (8), und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Siebklassierungseffektivität (Esib₁ bis Esib₄) wenigstens eines Siebes (9)

und/oder eine Energieintensität (E1 bis E4) wenigstens eines Brechers (8) und als ein zweiter Betriebsparameter eine Brecherproduktivität (Q1 bis Q4) wenigstens eines Brechers (8) verwendet werden.

- 5 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Zerkleinerungsanlage eine der Mühle (2) vorgeschaltete Brechanlage (5) mit wenigstens einem Brecher (8) zum Feinbrechen des Mahlgutes aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass zur Regelung und/oder Steuerung einer Überlastung des wenigstens einen Brechers (8) als ein erster Betriebsparameter eine Brecherproduktivität (Q1 bis Q4) des Brechers (8) und als ein zweiter Betriebsparameter eine Brechspaltgröße (B1 bis B4) eines Brechspalts des Brechers (8), und/oder als ein erster Betriebsparameter eine Energieintensität (E1 bis E4) des Brechers (8) und als ein zweiter Betriebsparameter eine Brecherproduktivität (Q1 bis Q4) des Brechers (8) verwendet werden.
10
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Betriebsparameter aus Messdaten ermittelt wird, die in regelmäßigen zeitlichen Abständen erfasst werden.
15
11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung wenigstens eines Betriebsparameters aus den Messdaten gleitende zeitliche Mittelwerte von Messdaten gebildet werden.
20
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Mühle (2) eine Kugelmühle ist.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Mahlgut ein Erz ist.
25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

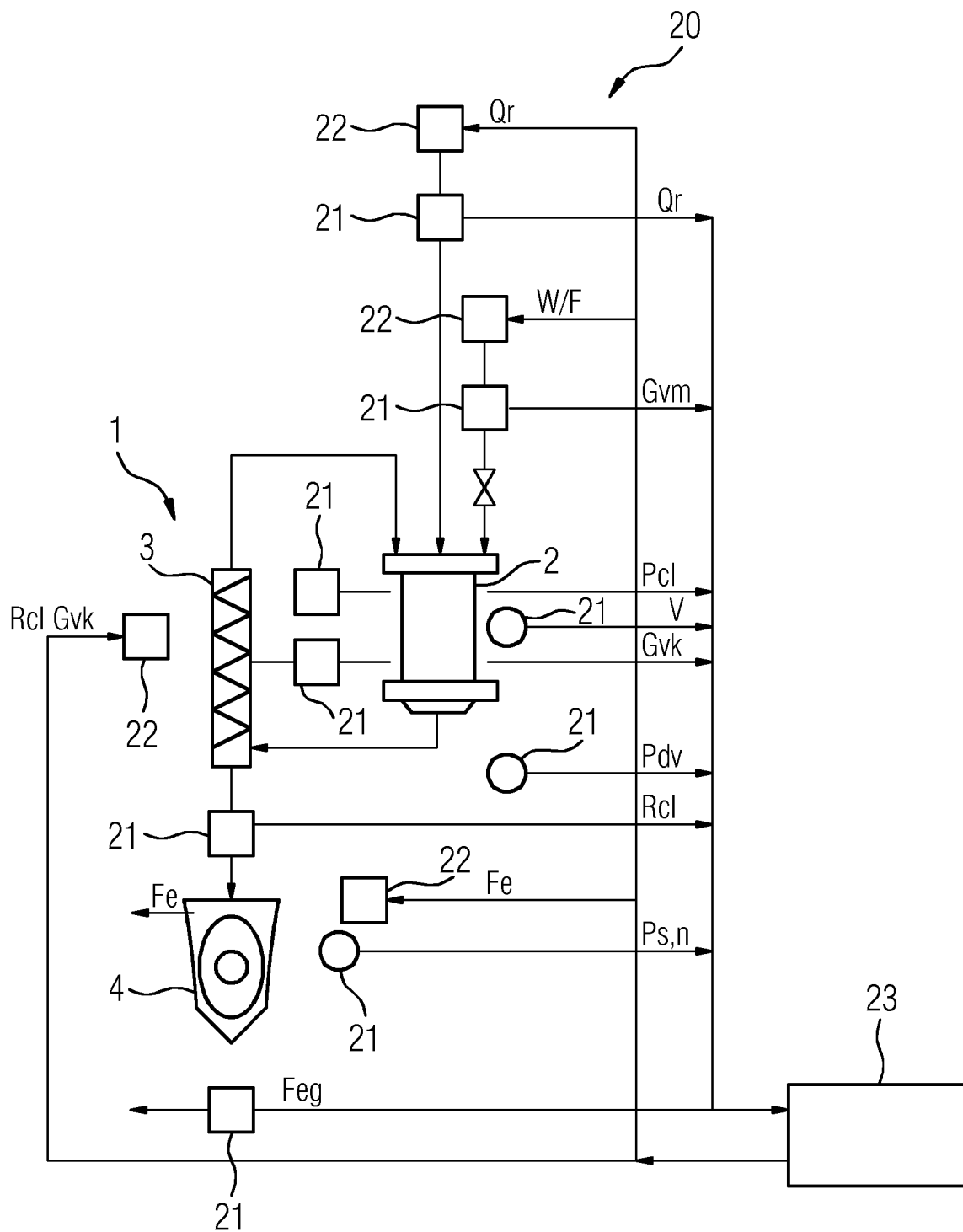


FIG 2

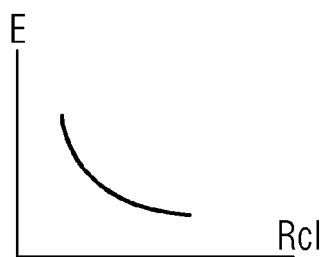


FIG 3

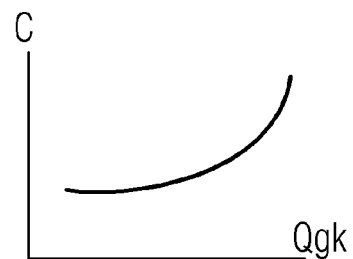


FIG 4

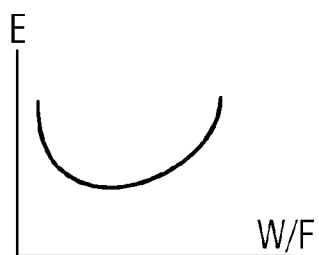


FIG 5

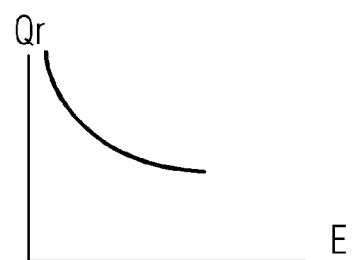


FIG 6

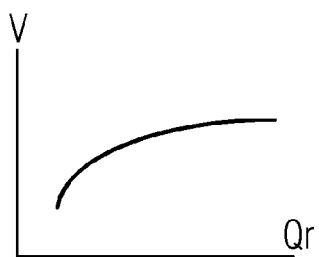


FIG 7

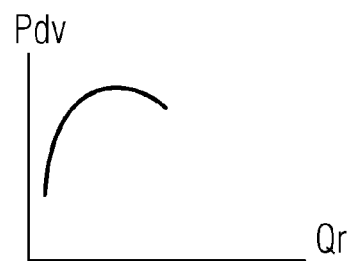


FIG 8

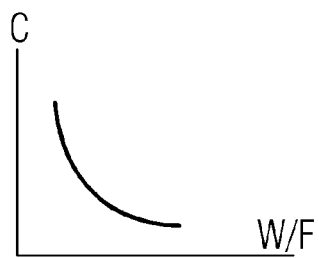


FIG 9

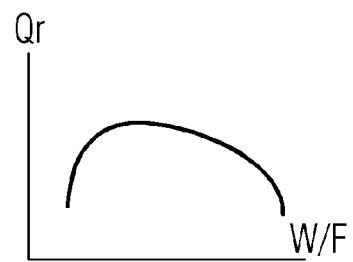


FIG 10

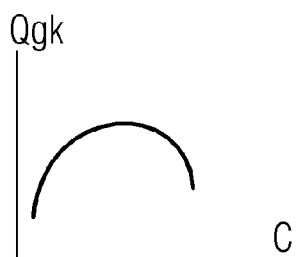


FIG 11

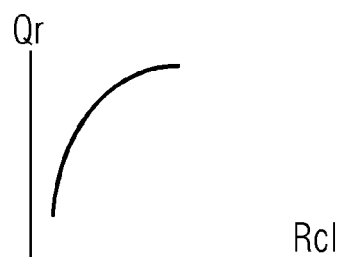


FIG 12

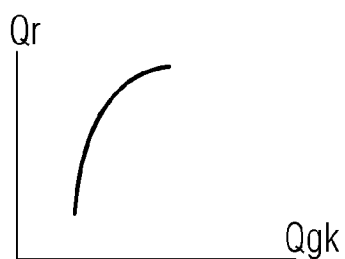


FIG 13

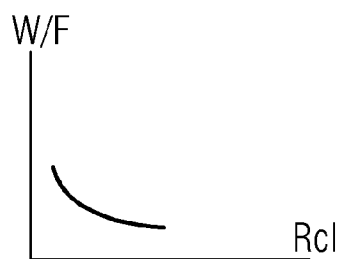


FIG 14

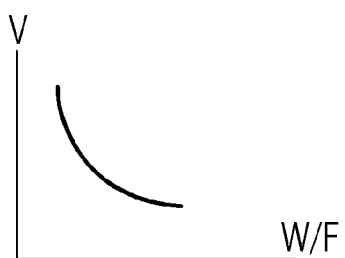


FIG 15

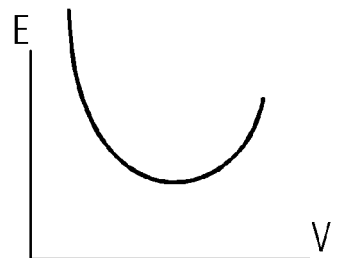


FIG 16

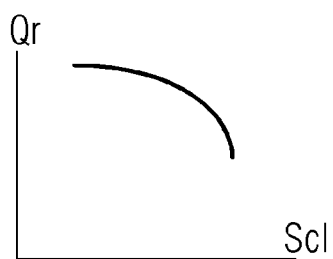


FIG 17

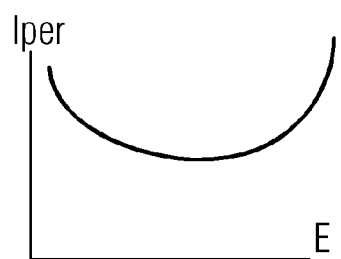


FIG 18

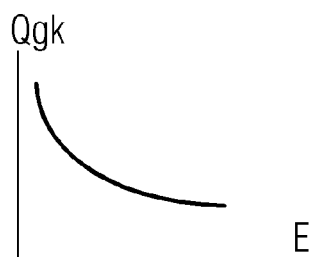


FIG 19

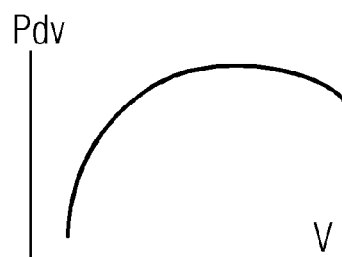


FIG 20

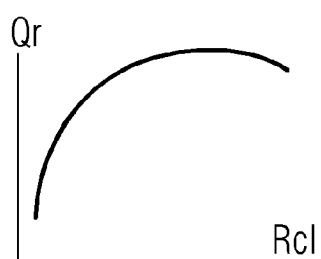


FIG 21

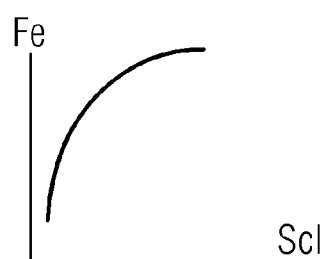


FIG 22

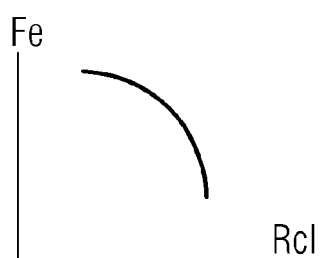


FIG 23

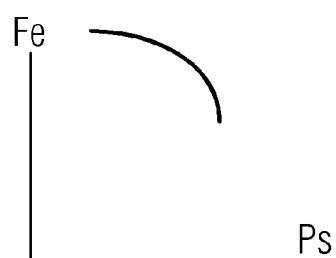


FIG 24

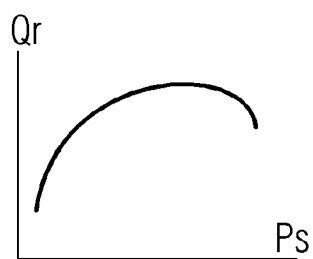


FIG 25

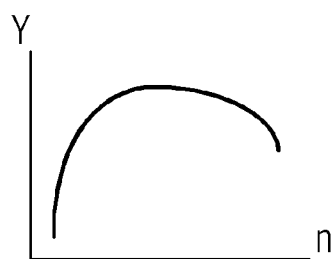


FIG 26

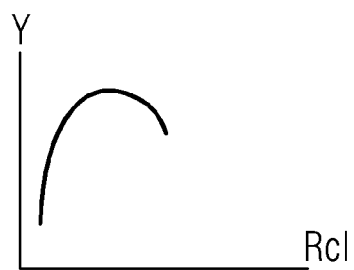


FIG 27

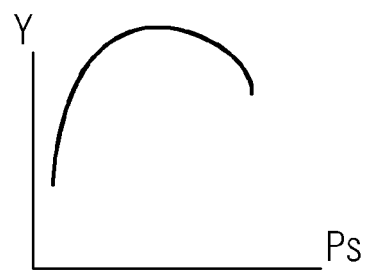
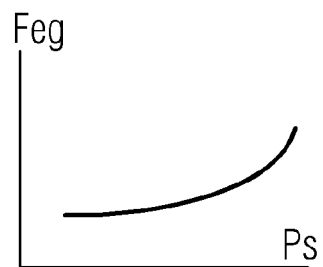


FIG 28



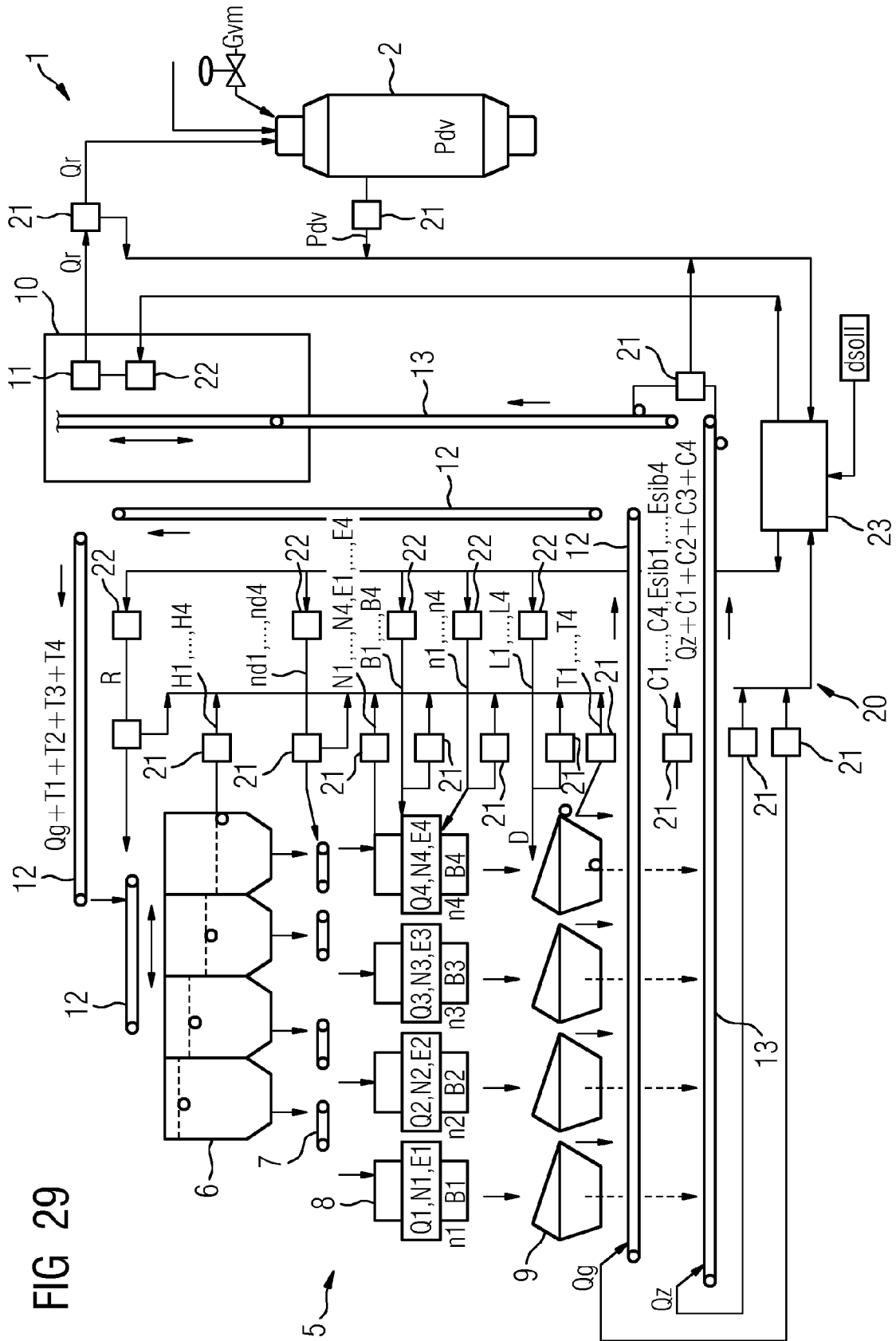


FIG 30

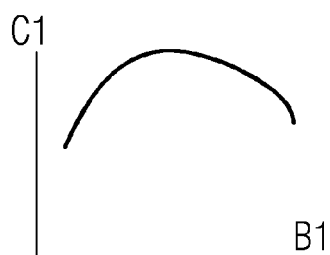


FIG 31

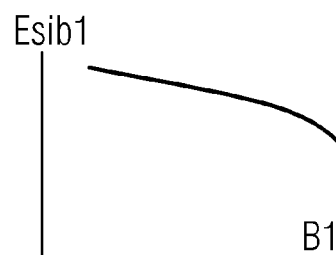


FIG 32

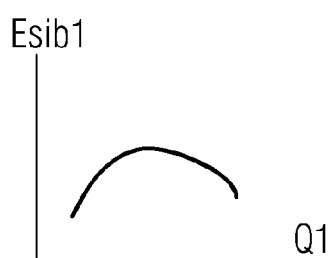


FIG 33



FIG 34

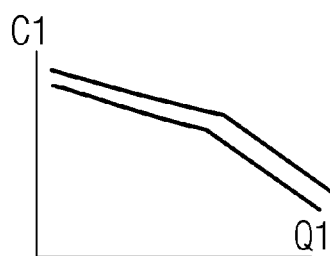


FIG 35

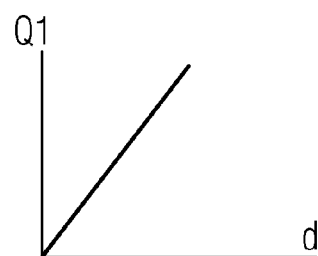


FIG 36

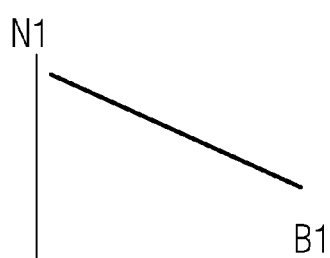


FIG 37

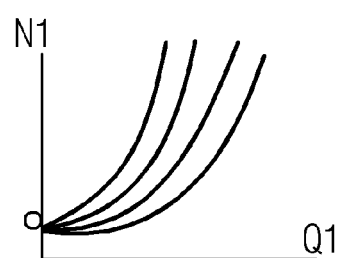


FIG 38

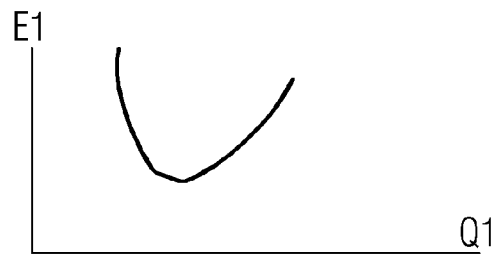


FIG 39

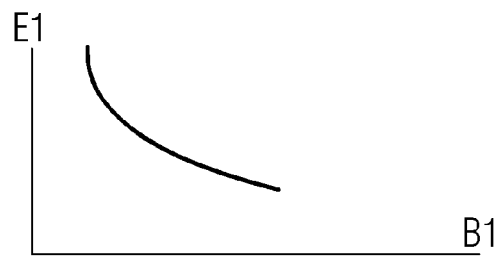


FIG 40

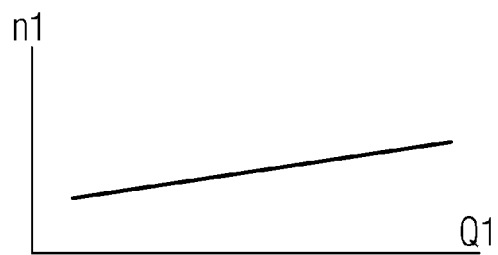
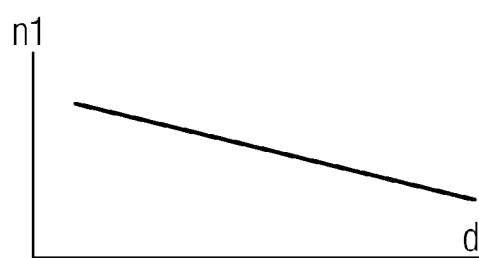


FIG 41





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 17 6326

5

10

15

20

25

30

35

40

45

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2010 012620 A1 (SIEMENS AG [DE]) 29. September 2011 (2011-09-29) * Absätze [0034], [0038], [0049] - [0066]; Abbildungen 1-4 *	1-3,10, 12,13	INV. B02C25/00 B02C17/24
X	US 2011/297768 A1 (THEBERGE YVON [CA] ET AL) 8. Dezember 2011 (2011-12-08) * Ansprüche 1-17; Abbildungen 1-5 *	1-3, 11-13	
A	EP 2 412 418 A1 (SIEMENS AG [DE]) 1. Februar 2012 (2012-02-01) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-9 *	1-3,10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B02C B01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. Februar 2015	Prüfer Strodel, Karl-Heinz
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

50

55

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 17 6326

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-02-2015

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102010012620 A1	29-09-2011	AR 080714 A1	02-05-2012
		AU 2011231906 A1	20-09-2012
		CA 2794026 A1	29-09-2011
		CL 2012002392 A1	30-11-2012
		DE 102010012620 A1	29-09-2011
		FI 20125961 A	18-09-2012
		PE 07552013 A1	03-07-2013
		RU 2012145119 A	27-04-2014
		US 2013008985 A1	10-01-2013
		WO 2011117060 A2	29-09-2011

US 2011297768 A1	08-12-2011	US 2007145168 A1	28-06-2007
		US 2011297768 A1	08-12-2011

EP 2412418 A1	01-02-2012	AU 2011285116 A1	31-01-2013
		CA 2806638 A1	02-02-2012
		CL 2012003702 A1	15-02-2013
		EP 2412418 A1	01-02-2012
		US 2013118991 A1	16-05-2013
		WO 2012013411 A1	02-02-2012

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82