



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 951 977 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.10.1999 Patentblatt 1999/43

(51) Int. Cl.⁶: **B27N 3/00**, D21D 1/00,
G05B 13/04

(21) Anmeldenummer: 99107828.8

(22) Anmeldetag: 20.04.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 20.04.1998 DE 19817598

(71) Anmelder:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Hollatz, Jürgen, Dr.**
81479 München (DE)
• **Jünnemann, Erwin**
91056 Erlangen (DE)
• **Bersteher, Ralph**
73230 Kirchheim (DE)
• **Appl, Martin**
81737 München (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Prozessführung und Prozessoptimierung von technischen Vorgängen, insbesondere bei der Herstellung von Faserplatten**

(57) Wenn im Rahmen von technischen Vorgängen Produkte hergestellt werden sollen, müssen geeignete (optimale) Betriebspunkte zur Optimierung der Herstellungsgüte ermittelt werden, wozu mit einzelnen Gütefunktionen verschiedene Qualitätsparameter und die damit verursachten Kosten berücksichtigt werden können. Erfindungsgemäß werden je ein Modell für wenigstens eine Gütefunktion für die herzustellenden Produkte und gleichermaßen die zugehörige Kostenfunktion, und eine Gesamtgütefunktion ermittelt, wobei

der Anwender festlegt, welche Güte als Mindestanforderung erreicht werden muß. Vorzugsweise wird eine optimierende Gesamtgütefunktion gebildet, wobei die Modelle zur Qualitätsvorhersage anhand einer Datenanalyse erstellt werden. Mit dem Verfahren können rechnergesteuerte Anlagen betrieben werden, wobei der Monitor gleichermaßen die Bedienoberfläche zum Betrieb der Anlage, insbesondere eines Refiners zur Herstellung von Faserstoff aus Holz, darstellt.

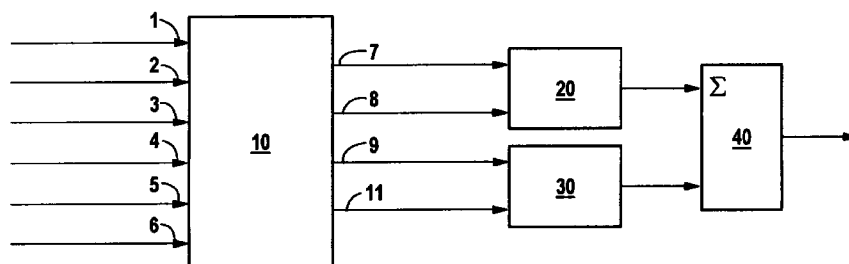


FIG 1

EP 0 951 977 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Prozeßführung und Prozeßoptimierung von technischen Vorgängen, wobei zur Optimierung der Herstellungsgüte ein geeigneter Arbeitspunkt ermittelt wird, der mit einzelnen Gütefunktionen verschiedene Qualitätsparameter des herzustellenden Produktes berücksichtigt. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf die Anwendung des Verfahrens zur Herstellung von Faserplatten. Daneben bezieht sich die Erfindung auch auf eine zugehörige Vorrichtung unter Einsatz eines Rechners.

[0002] In der industriellen Praxis spielt die Prozeßführung und Prozeßoptimierung bei der großtechnischen Herstellung von Produkten eine zunehmende Rolle. Durch die Anwendung von Leitsystemen läßt sich die Prozeßführung weitestgehend automatisieren und bei geeigneten Arbeitspunkten durchführen. Neben der Automatisierung ist dabei die Optimierung der Herstellungsgüte der herzustellenden Produkte ein wesentliches Kriterium.

[0003] Letzteres gilt beispielsweise für die Zellstoff- und Papierindustrie, bei der aus dem Rohstoff „Holz“ und/oder „Altpapier“ über verschiedene Prozeßschritte beispielsweise Papier als Endprodukt hergestellt wird. Ein wichtiger Teilschritt ist dabei die Herstellung von Holzfasern im sog. Refiner, einem Mahlwerk, zwischen dessen gegenläufig rotierenden Scheiben das Holz in seine einzelnen Fasern zerrieben wird. Aus einem derartigen Holzfaserstoff können auch Faserplatten hergestellt werden, die wegen der ökologischen Eigenschaften zunehmende Anwendung in der industriellen Praxis finden.

[0004] Vom allgemeinen Stand der Technik ist es bereits bekannt, für herzustellende Produkte Gütefunktionen für verschiedene Qualitätsparameter aufzustellen. Speziell zur Anwendung bei der Span- und Faserplattenproduktion wird in der Zeitschrift „Holz als Roh- und Werkstoff“ 55 (3)(1997), Seiten 133 bis 140 aufgezeigt, daß eine geeignete Prozeßmodellierung zur Online-Qualitätskontrolle und Prozeßoptimierung führen kann. Üblicherweise wird davon ausgegangen, daß die Produktionskosten mit der Güte der herzustellenden Produkte steigen.

[0005] Davon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, daß bei einer vom Anwender vorgegebenen Güte die Produktionskosten minimiert werden.

[0006] Die Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Modell für wenigstens eine Gütefunktion und gleichermaßen die zugehörige Kostenfunktion bestimmt werden und daß eine Gesamtgütefunktion ermittelt wird, wobei der Anwender festlegt, welche Güte als Mindestanforderung erreicht werden muß. Bei der Erfindung wird also immer eine optimierende Gesamtgütefunktion gebildet, wozu die Modelle zur Qualitätsvorhersage anhand einer Datenanalyse erstellt werden.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise in der Zellstoff- und Papierindustrie angewandt. Es eignet sich insbesondere zur Prozeßführung und Prozeßoptimierung bei der Herstellung von Faserplatten, wobei Modelle für wenigstens eine der für die Faserplatten maßgeblichen Gütefunktionen bestimmt werden:

- Biegefestigkeit,
- Wasseraufnahme,
- Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB),
- Elastizitätsmodul,

und daß daraus zusammen mit den zugehörigen Kosten die Gesamtgütefunktion ermittelt wird. Vorzugsweise werden die Gütefunktion für die Biegefestigkeit und die Wasseraufnahme, welche für die Herstellung von Faserplatten besonders charakteristische Größen sind, bestimmt und in die Gesamtgütefunktion geeignet bewertet eingebracht.

[0008] Bei einer geeigneten Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Rechner, wobei auf einem Monitor die zugehörigen Daten darstellbar sind, stellt der Monitor gleichermaßen die Bedienoberfläche zum Betrieb einer Anlage, insbesondere eines Refiners zur Herstellung des Faserstoffes aus Holz, dar.

[0009] Weitere Einzelheiten Vorteile und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung in Verbindung mit den Patentansprüchen. Es zeigen

- Figur 1 ein Optimierungsmodell in der Anwendung zur Herstellung von Faserstoff aus Holz,
- Figur 2 das bei Figur 1 zugrunde gelegte Refiner-Modell,
- Figur 3 eine Darstellung einer vorteilhaften Bewertung von zwei Gütekriterien,
- Figur 4 eindimensionale Darstellungen zur Verdeutlichung der Auswahl der Optimierungsfunktion für die Gesamtgüte,
- Figur 5 eine Darstellung mit der Datenbasis, dem daraus entstandenen Modell und den erhaltenen Kurven, die eine Aussage über die Zuverlässigkeit der Optimierungsergebnisse erlauben,
- Figur 6 eine Bedienoberfläche zur Realisierung des Verfahrens der Berücksichtigung von Gütefunktion einerseits und Kostenfunktion andererseits.

[0010] In Figur 1 bedeuten 10 ein Refiner-Modell mit Ein- und Ausgängen, wo auf weiter unten im einzelnen eingegangen wird, 20 eine Einheit zur Qualitätsbewertung, 30 eine Einheit zur Kostenbewertung und 40 eine Summationseinheit zur Verknüpfung der Funktionen aus den Einheiten 20 und 30. Daraus ergibt sich eine zu minimierende Gesamtfunktion.

[0011] Beispielsweise hat das Refiner-Modell sechs Eingänge 1 bis 6 und vier Ausgänge 7 bis 9 und 11 für jeweils charakteristische Größen.

[0012] In das Refiner-Modell 10 gelangen über die Eingänge 1 bis 6, beispielsweise ein Signal 1 vom I-Refiner, ein Signal 2 vom I-Pregrinding-Refiner, ein Signal 3 von der Umdrehungszahl der Transportschnecke, ein Signal 4 vom Dampfdruck, ein Signal 5 vom Holzalter und ein Signal 6 von der verwendeten Holzmischung.

[0013] Als Ausgänge werden vom Refiner-Modell 10 beispielsweise ein Signal 7 für die Biegefestigkeit, ein Signal 8 für die Wasseraufnahme, ein Signal 9 für die Energiekosten und ein Signal 11 für die Rohstoffkosten erhalten. Die Signale 6 und 7 gelangen zur Einheit 20 der Qualitätsbewertung und die Signale 9 und 11 zur Einheit der Kostenbewertung.

[0014] In Figur 2 ist gezeigt, daß die Signale 1 bis 6 in unterschiedliche Berechnungseinheiten 12 bis 14 als Teil des Refiner-Modells gelangen. Die Einheit 12 dient zur Kostenberechnung einer sog. Energiefunktion, die Einheit 13 zur Vorverarbeitung und Berechnung von Betriebsgrößen für den Refiner und die Einheit 14 zur Kostenberechnung der Rohstoffe. Beispielsweise mittels geeigneter Fuzzy-Modelle 15 läßt sich eine Vorhersage der Qualität aus den Refiner-Parametern ermöglichen. Als Ergebnisse stehen die Signale 7, 8, 9 und 11 der Figur 1 an.

[0015] Zur Absatzoptimierung kann es hinreichend sein, nur zwei geeignete Modellgütefunktionen zu verwenden, die je durch ein Modell, resultierend aus einer Datenanalyse, bestimmt sind. Beispielsweise beschreibt die eine Modellgüte die aus der Produktion mitgegebenen Parametern resultierende Biegefestigkeit und die andere resultierende Wasseraufnahmefähigkeit.

[0016] Der Anwender legt die von ihm gewünschte maximale Wasseraufnahmefähigkeit und die minimale Biegefestigkeit fest. Darüber hinaus bestimmt er, wie stark diese Anforderungen an die Qualität zu berücksichtigen sind, falls sie in ihrer Gesamtheit nicht erfüllt werden können. Die zu optimierende Gesamtgütefunktion setzt sich aus den Bewertungen der Modellgütefunktion und der pro Tonne produzierte Hartfaserplatten anfallenden Kosten für die Rohstoffe, die elektrische Energie und den benötigten Dampf zusammen.

[0017] Die Gesamtgütefunktion wird so festgelegt, daß sie die beiden Modellgütefunktionen und die Produktionskosten einbezieht. Es wird somit eine multikriterielle Gütefunktion gebildet. Damit kann das Ziel der Optimierung, die Kosten für die Produktion von Hartfaserplatten unter Berücksichtigung der Randbedingungen an die Qualität der Platten zu minimieren, erreicht werden. Dementsprechend entspricht die Gesamtgütefunktion der Summe aus den berechneten Produktionskosten und einer Bewertung der durch die Modellgütefunktion berechneten Qualitätseigenschaften der Hartfaserplatten.

[0018] Die Bewertung weist dabei Produktionsparameter, mittels derer die Qualitätsanforderungen nicht erfüllt werden, eine mit der Zunahme des Grades der Verletzung der Anforderungen quadratisch steigende Energie zu. Produktionsparameter, mittels derer die Anforderungen erfüllt werden, werden durch eine einheitliche geringe Energie bewertet, so daß das Minimum der Gesamtgütefunktion in diesem Bereich ausschließlich von den berechneten Produktionskosten abhängt. Werden Qualitätsanforderungen gestellt, die durch keine Produktionsparameter erfüllt werden können, liegt das Optimum im quadratischen Bereich der Bewertung. Durch Parameter α_1 (s. u.) kann dabei die Lage des Optimums so variiert werden, daß die einzelnen Anforderungen unterschiedlich stark berücksichtigt werden. Der Anwender kann somit zwischen den einzelnen, in ihrer Gesamtheit nicht erfüllbaren Anforderungen „abwägen“.

[0019] In Figur 3 ist anschaulich dargestellt, wie für zwei Kriterien eine kombinierte Bewertungsfunktion aussehen kann. Dabei sind in den Koordinaten der als X1 und X2 zwei Kriterien mit Maßzahlen von 0 bis 100 angegeben, die für sich unterschiedliche Gütefunktionen haben und zu einer gemeinsamen Gütebewertung 31 verknüpft werden, die das Ergebnis der Einheit 20 aus Figur 2 wiedergibt.

[0020] Es hat sich gezeigt, daß speziell für die Faserplattenherstellung eine sigmoid-quadratische Bewertung praxisgerechte Ergebnisse liefert. Dies wird für zwei Kriterien in der Darstellung der Figur 3 durch die Gütebewertungsfunktion 31 als eine Ebene mit hinreichender Güte und sich daran anschließenden ansteigenden Rändern mit sich verschlechternder Güte verdeutlicht.

[0021] Die allgemeine Form der sigmoid-quadratischen Funktion für einen n-dimensionalen Eingaberaum ist als Gleichung (1) im Anhang mit den Parametern h_1 , h_0 , α_1 , α_0 , d_i , p , σ_i , k wiedergegeben.

[0022] Der Verlauf der Funktion kann über die Parameter beeinflusst werden, wobei in Figur 3 die in Klammern angegebenen Werte genutzt wurden:

- d_i [$d_1 = -1$, $d_2 = 1$]: Ausrichtung der Funktion: Für $d_1 = 1$ bzw. -1 ist die Funktion monoton steigend bzw. fallend in x_i und gibt damit eine obere bzw. untere Schranke für den Parameter x_i an; $i \in \{1, 2, \dots, n\}$.
- σ_i [$\sigma_1 = 1$, $\sigma_2 = 1$]: Skalierung des Wertebereichs der i-ten Dimension zur Normierung der Modellausgaben; $i \in \{1, 2, \dots, n\}$.

- h_0, h_1 [$h_0 = 100, h_1 = 1000$]: Der Parameter h_0 gibt das Niveau der nahezu konstanten Ebene an, während h_1 das Niveau angibt, ab dem der quadratische Verlauf einsetzt. Die Höhe des „Absatzes“ ist daher $h_1 - h_0$.
- k [$k = 1$]: Gibt die Steilheit des „Absatzes“ an. Kleinere Werte bewirken einen steileren Verlauf.
- p [$p = 2$]: Mit diesem Parameter kann die initiale Steigung der quadratischen Funktion am Übergang beeinflusst werden. Unter der Annahme eines unendlich steilen Absatzes ($k \rightarrow 0$) ist die Ableitung der Bewertungsfunktion in Richtung χ_i am Übergang der entsprechenden Variablen gerade

$$2p \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_0} \right)^{2s} \frac{1}{\alpha_1},$$

$i \in \{1, 2, \dots, n\}$. Zu kleine Werte für p können die Konvergenz wegen des resultierenden flachen Verlaufs der Energiefunktion verlangsamen.

- $\alpha_0, \alpha_i, \alpha_2$ [$\alpha_0 = 50, \alpha_1 = 50, \alpha_2 = 50$]: Über die Faktoren α_i können die quadratischen Funktionen skaliert werden, wobei die Skalierungsfaktoren durch

$$\alpha_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i$$

normiert werden. Diese Faktoren sind nur von Bedeutung, wenn die durch die Grenzen $\chi_{i,\max/\min}$ gestellten Forderungen insgesamt nicht erfüllbar sind, also zum Beispiel die geforderte maximale Wasseraufnahmefähigkeit in Kombination mit der geforderten minimalen Biegefestigkeit nicht erreicht werden kann. Die zu den durch Variation der Prozeßparameter erzielbaren Merkmalskombinationen gehörende Punktmenge in der Eingabemenge der sigmoid-quadratischen Funktion liegt in diesem Fall vollständig außerhalb des durch die $\chi_{i,\max/\min}$ begrenzten Gebietes. Durch die Skalierung der quadratischen Funktionen kann nun die Lage des lokalen Minimums der Bewertungsfunktion auf dieser Punktmenge beeinflusst werden. Dabei wird im Optimierungsergebnis die Forderung an den Parameter χ_1 um so stärker berücksichtigt, je größer α_1 gegenüber den übrigen Gewichtungen ist; $i \in \{1, 2, \dots, n\}$.

- s [$s = 2$]: Dieser Exponent bestimmt die Sensitivität der Verschiebung des lokalen Optimums bei Variation der Skalierungsfaktoren α_i ; $i \in \{1, 2, \dots, n\}$.

[0023] Figur 4 demonstriert den Einfluß der Variation einiger dieser Parameter auf eine eindimensionale sigmoid-quadratische Funktion mit den Parameterwerten $d = 1, \sigma = 5, h_0 = 0, h_1 = 100, k = 0,5, p = 3, \alpha_0 = 2, \alpha_1 = 2$ und $s = 10$.

[0024] In Figur 4 sind in den Teillgliedern jeweils der Einfluß eines Parameters in einer Dimension wiedergegeben: Dargestellt ist die Veränderung der eindimensionalen Funktion 41 bei Variation jeweils eines Parameters, woraus deutlich wird, daß viele Eigenschaften der Funktion isoliert voneinander beeinflusst werden können und damit die Funktion an verschiedenste Anforderungen angepaßt werden kann. Obere und untere Grenzen der Kurve 41 sind mit den Bezugszeichen 42 und 43 versehen.

[0025] Zur Berechnung des Optimums der Gesamtgütefunktion können unterschiedliche, bekannte mathematische Methoden, wie z. B. Gradientenverfahren oder aber auch stochastische Verfahren, herangezogen werden. Insbesondere können auch genetische Algorithmen eingesetzt werden.

[0026] Um eine gewisse Güte des Optimierungsergebnisses unabhängig von der Konvergenz der Optimierungsverfahren und des gewählten Startpunktes zu gewährleisten, wird die Gesamtgüte an endlich vielen Punkten eines Gitters im Eingaberaum „a priori“ berechnet und der Punkt mit der besten Güte als Startpunkt verwendet. Da der Berechnungsaufwand hierfür sehr hoch ist, besteht die Möglichkeit, im Eingaberaum eine festlegbare Anzahl an Zufallsstichproben zu generieren, von denen diejenigen mit dem geringsten resultierenden Wert der Gesamtgütefunktion als Startpunkt für ein Optimierungsverfahren genutzt wird. Damit ist eine einfache Skalierbarkeit erreicht und bei mehrfacher Ausführung kann ein bereits berechnetes Optimierungsergebnis sukzessiv verbessert werden. Diese einfache Methode zur Startpunktwahl wird erst durch die Verwendung der sigmoid-quadratischen Bewertung ermöglicht. Werden die Randbedingungen nicht in die Energiefunktion integriert, kann bei sehr strengen oder sogar unerfüllbaren Randbedingungen das Problem des Ermitteln eines Startpunktes von ähnlicher Komplexität wie das Lösen des Optimierungsproblems selbst sein. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Randbedingungen nicht analytisch angegeben werden können, so daß Widersprüche in den Randbedingungen nicht ermittelt werden können. Bei Verwendung der sigmoid-quadratischen Energiefunktion kann zur Optimierung prinzipiell ein beliebiger Startpunkt im Suchraum gewählt werden, da die Energiefunktion die Optimierung, soweit möglich, automatisch in die zulässigen Gebiete führt.

[0027] In Figur 5 wird die Validierungsstrategie verdeutlicht. Dabei ist es wesentlich, ob im Bereich der gefundenen

Lösung viele Eingabepunkte der Datenbasis, auf deren Grundlage die Modellgütefunktion entstanden ist, liegen. Hierzu wird zunächst der Wert einer entsprechenden Dichtefunktion an der Stelle des Optimierungsergebnisses berechnet. Liegen viele Datenpunkte im Bereich des gefundenen optimalen Punktes, so kann der lokale Modellierungsfehler als Abweichung zwischen Modell und den realen Daten in der Umgebung des Optimierungsergebnisses in Form einer Standardabweichung ermittelt werden. Diese Validierungsstrategie ermöglicht somit die Beurteilung der praktischen Relevanz der Optimierungsergebnisse. Eine solche Beurteilung ist besonders bei datengetriebenen Modellen, wie sie zur Refineroptimierung verwandt wurden, von Bedeutung, da sich die Menge und Qualität der zur Modellierung zur Verfügung stehenden Daten im allgemeinen in verschiedenen Bereichen des Parameterraums stark unterscheiden kann. Die Bewertung der Dichte und der Streuung der zugrunde liegenden Daten gibt darüber hinaus unmittelbar Hinweise für weitere auszuführende Versuche an der zu optimierenden Anlage.

[0028] Es kann somit anhand Figur 5 eine Aussage über die Qualität des berechneten Optimums getroffen werden, wobei in einem abstrakten Beispiel anhand des Graphen 51 den Modelloutput, der bei Vorgabe einer anhand der Kreuze verdeutlichten Datenbasis erhalten wurde, gezeigt ist. Die Linien 52 und 53 verdeutlichen die Messung der lokalen Abweichung.

[0029] Das anhand der Figuren 1 bis 5 beschriebene Optimierungsverfahren wird weitestgehend softwaremäßig auf einem Rechner mit Monitor 60, der gleichermaßen als Bedienoberfläche dient, durchgeführt. In Figur 6 ist verdeutlicht, wie eine Umsetzung zum beispielhaften Betreiben eines Refiners erfolgen kann. Auf der Bedienoberfläche 60 ist ein Eingabefeld 61, eine Funktionsdarstellung 62 des Refiners und ein Parameter- und Ergebnissfeld 63 wiedergegeben. Nach Eingabe der vom Anwender für die Faserplatten als Produkt geforderten Gütedaten werden geeignete Produktionsparameter für den Refiner ermittelt und im Feld 63 angezeigt.

[0030] Im Eingabefeld 61 werden die Eingangsparameter der Optimierung mit der gewünschten Qualitätskennzahl durch das Feld 610 gekennzeichnet: Beispielsweise ist die gewünschte Mindest-Biegefestigkeit (flexural strength) am Feld 611 anzeigbar, die beispielsweise 30.000 N/mm² betragen kann. Am Feld 612 ist die geforderte maximale Wasseraufnahme („water uptake“) darstellbar, die beispielsweise mit 70 % vorgegeben werden kann. An den Anzeigen 612 und 613 können entsprechende Werte für die Gewichtung von Biegefestigkeit und Wasseraufnahme vorgegeben werden. Es sind vom Benutzer durch Maus-Eingabe o. dgl. Minimal- und Maximalgrößen einstellbar. Anschließend kann die Optimierung durch Anklicken des Labels 615 gestartet werden.

[0031] Auf der Anzeige 63 ergeben sich einerseits die Ausgabeparameter für den Refiner entsprechend Feld 630, andererseits die resultierenden Qualitäts- und Kostenparameter entsprechend Feld 640 und schließlich eine Bestätigung bzw. Validierung entsprechend Feld 650. Im einzelnen ergeben sich durch die Optimierung entsprechend Feld 631 ein bestimmter Betriebsstrom für das Haupt-Mahlwerk des Refiners und entsprechend Feld 632 ein bestimmter Strom für das Vor-Mahlwerk des Refiners und weiterhin dessen vorgegebene Drehgeschwindigkeit entsprechend Feld 633. Es können zusätzlich Vorgaben für das Holzalter in Jahren (a's) und Anteil von Hart- und Weichholz entsprechend den Feldern 634 bis 636 und weiterhin Vorgaben für den Dampfdruck entsprechend Feld 637 angegeben werden.

[0032] Anhand der Bestätigungsanzeige 650 mit den Feldern 651 bis 655 lassen sich Validierungsdaten sowie der Status anzeigen. Die Felder 651 und 652 zeigen die lokale Dichte der Datenbasis für das Modell der Biegefestigkeit bzw. der Wärmeaufnahmefähigkeit in der Umgebung des Optimierungsergebnisses gemäß Feld 630. In den Feldern 653 und 654 wird die lokale Streuung der Datenbasis im Optimierungsergebnis angezeigt.

[0033] Auf dem Feld 640 der Anzeige 63 sind die aus der Verwendung der Parameter nach Feld 630 resultierenden Qualitätswerte des erzeugten Holzstoffes angegeben: Beispielsweise zeigen die Felder 641 und 642 die tatsächlichen Werte von Biegefestigkeit und Wasseraufnahme und die Felder 643, 644 und 645 die Kosten der dafür notwendigen Mengen an elektrischer Energie, an Dampfenergie und Holz. Dazu können in den Bestätigungsanzeigen die lokalen Abweichungen an Biegefestigkeit und Wasseraufnahme zusätzlich angezeigt werden.

[0034] Durch eine interaktive Arbeitsweise können vom Anwender die Vorgaben G1 variiert und den aktuellen Bedürfnissen angepaßt werden. Wesentlich ist, daß das Ergebnis hinsichtlich Güte und Kosten unmittelbar auf der Bedienoberfläche ablesbar ist.

[0035] Das beschriebene Verfahren wurde beispielhaft speziell für die Anwendung bei einem Refiner in der Zellstoff- und Papierindustrie, insbesondere zur Herstellung von Faserplatten erläutert. Das dargestellte Optimierungsverfahren kann aber auch für andere technische Vorgänge, bei denen Produkte erzeugt werden und unter Berücksichtigung der Güte die Kosten minimiert werden sollen, angewandt werden.

Anhang
Gleichung (1):

$$\text{sigquad}(x, x_{\max/\min}) = \frac{h_1 + \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{\alpha_i}{\alpha_0} \right)^s \frac{d_i(x_i - x_{i,\max/\min}) + p\sigma_i}{\sigma_i}}{1 + e^{\frac{d_i(x_i - x_{i,\max/\min}) + p\sigma_i}{k\sigma_i}}}{1 + \frac{\frac{h_1}{h_0} - 1}{\prod_{i=1}^n \left(1 + e^{\frac{d_i(x_i - x_{i,\max/\min})}{k\sigma_i}} \right)}}$$

Patentansprüche

1. Verfahren zur Prozeßführung und Prozeßoptimierung von technischen Vorgängen zur Herstellung von Produkten, wobei zur Optimierung der Herstellungsgüte ein geeigneter Arbeitspunkt ermittelt wird, der mit einzelnen Gütefunktionen verschiedene Qualitätsparameter des herzustellenden Produktes und die zugehörigen Produktionskosten berücksichtigt, **dadurch gekennzeichnet**, daß je ein Modell für wenigstens eine Gütefunktionen und gleichermaßen die zugehörige Kostenfunktion bestimmt werden, und daß eine Gesamtgütefunktion ermittelt wird, wobei der Anwender festlegt, welche Güte als Mindestanforderung erreicht werden muß.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet** in der Anwendung bei der Herstellung von Faserplatten aus von einem Refiner erzeugten Holzstoff, wobei je ein Modell für wenigstens eine der folgenden Gütefunktionen der herzustellenden Faserplatten bestimmt wird:
 - Biegefestigkeit,
 - Wasseraufnahme,
 - Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB),
 - Elastizitätsmodul,
 und daß daraus zusammen mit den zugehörigen Kosten die Gesamtgütefunktion ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gütefunktionen für die Biegefestigkeit und die Wasseraufnahme bestimmt und in die Gesamtgütefunktion geeignet bewertet eingebracht werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine optimierende Gesamtgütefunktion gebildet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gesamtgütefunktion als Summe einzelner Größen, insbesondere als Summe von durch sigmoid-quadratische Funktionen gewichteten Modellgüten und berechneten Produktionskosten, gebildet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Modelle zur Qualitätsvorhersage durch datengetriebene Modellierungsmethoden erstellt werden oder anderweitig rechnergestützt zur Verfügung stehen.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß vom Benutzer bei der Kostenoptimierung zu berücksichtigende Anforderungen an die Modellgüten vorgegeben werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Optimum der Gesamtgütefunktion mittels geeigneter Rechenverfahren ermittelt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach Ermittlung von geeigneten Steuerungsgrößen das berechnete Optimum der Gesamtgütefunktion überprüft und validiert wird.
10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 9, mit einem Rechner und zugehörigem Monitor, wobei auf dem Monitor die zugehörigen Daten darstellbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Monitor gleichermaßen die Bedienoberfläche (60) zum Betrieb der Anlage, insbesondere für einen Refiner zur Herstellung von Faserstoff aus Holz, darstellt.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bedienoberfläche (60) wenigstens ein Eingabefeld (61) und ein Ergebnisfeld (63) aufweist, wobei durch eine interaktive Arbeitsweise nach Eingabe von Solidaten die zu erwartenden Ergebnisse aufgezeigt werden.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen Eingabefeld (61) und Ergebnisfeld (63) eine Funktionsdarstellung (62) des Prozeßmittels, insbesondere eines Refiners, angeordnet ist.

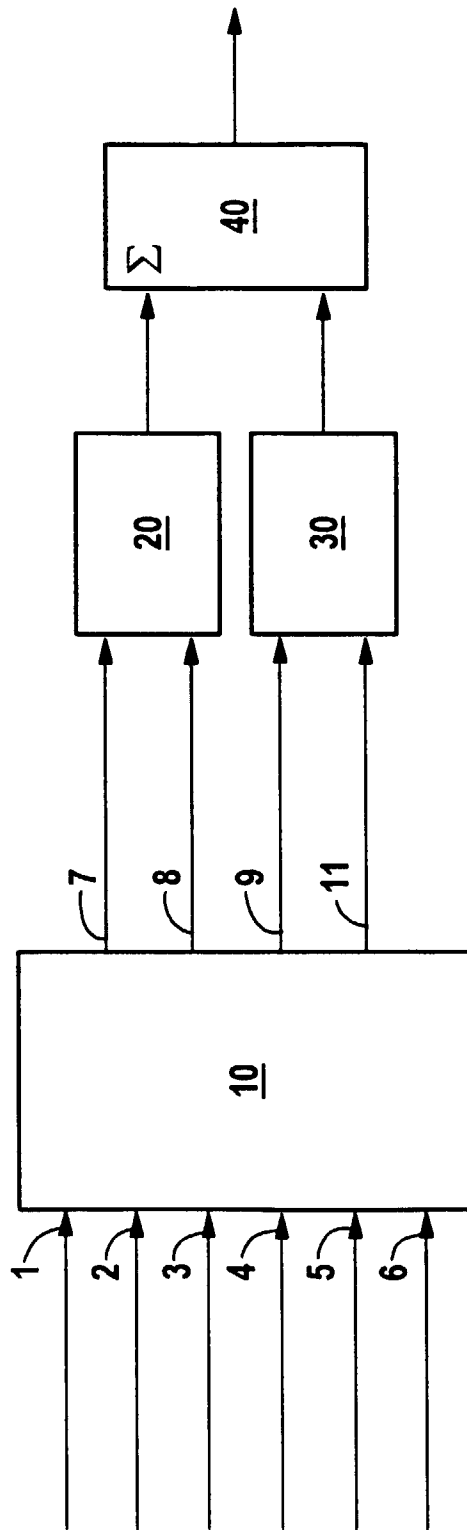


FIG 1

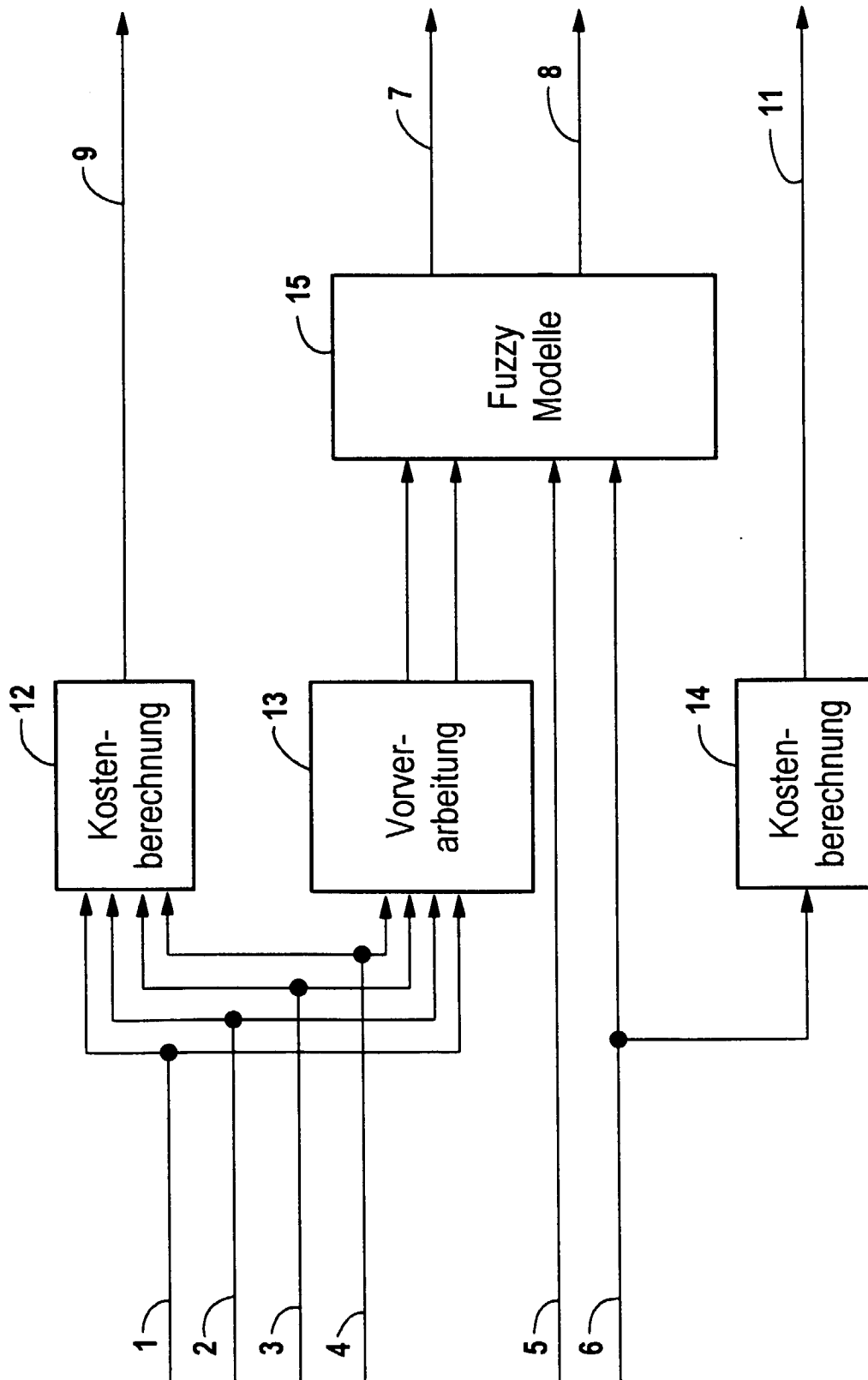


FIG 2

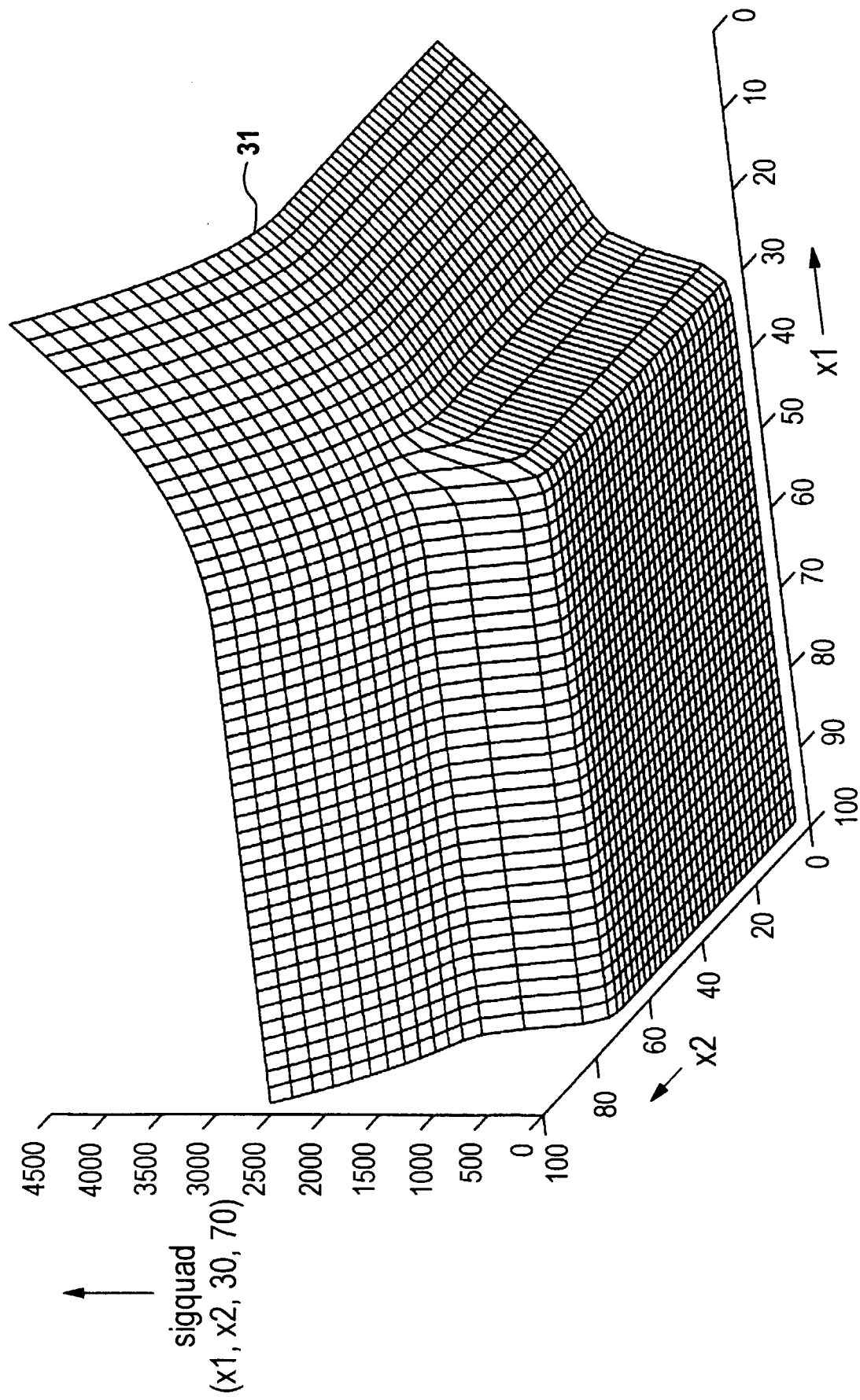


FIG 3

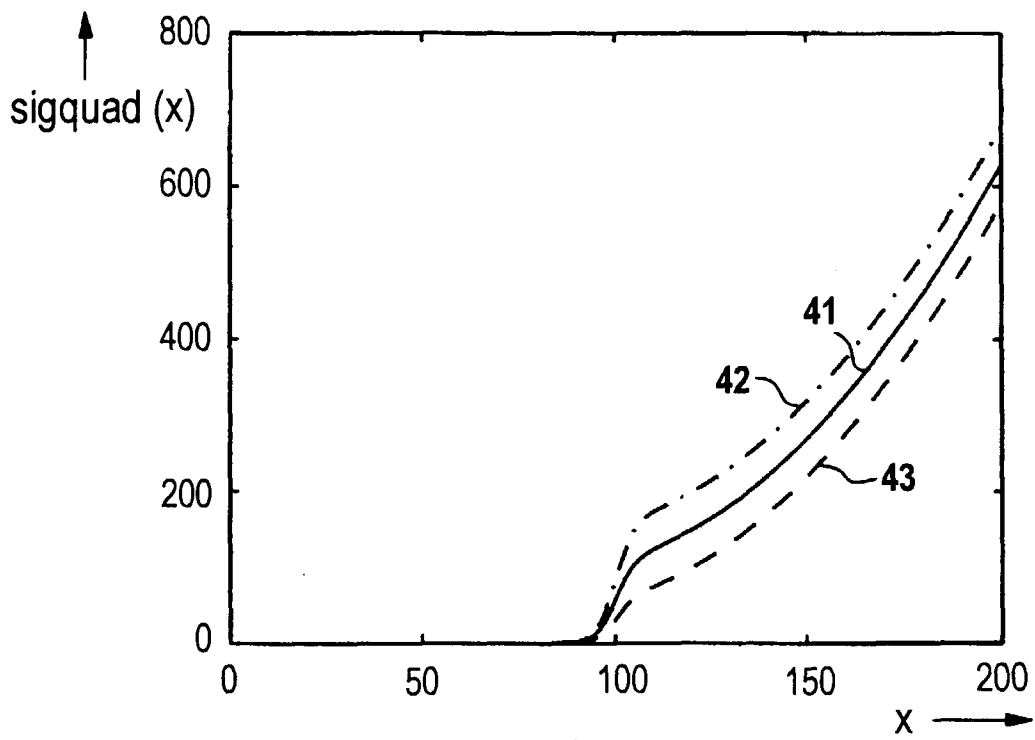


FIG 4a

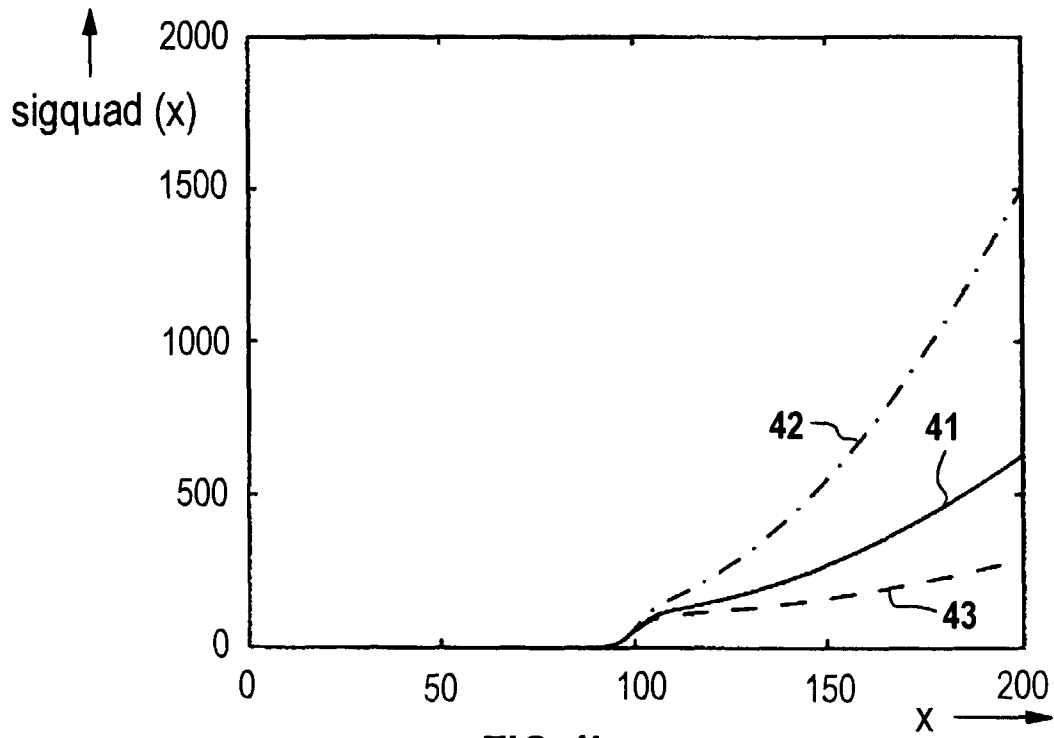


FIG 4b

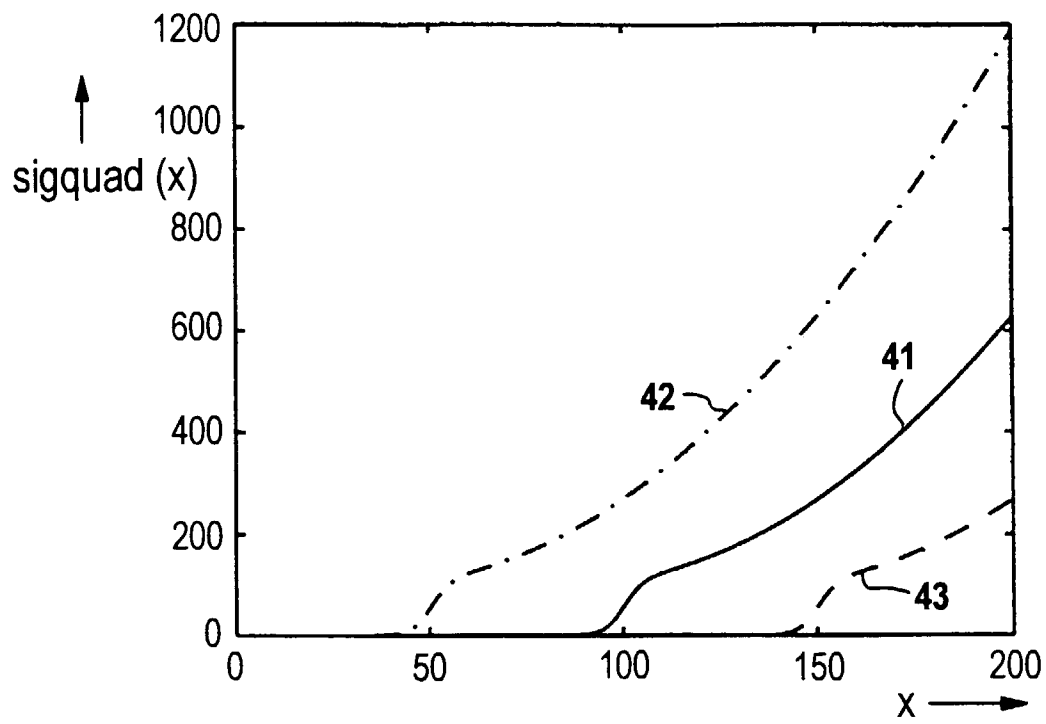


FIG 4c

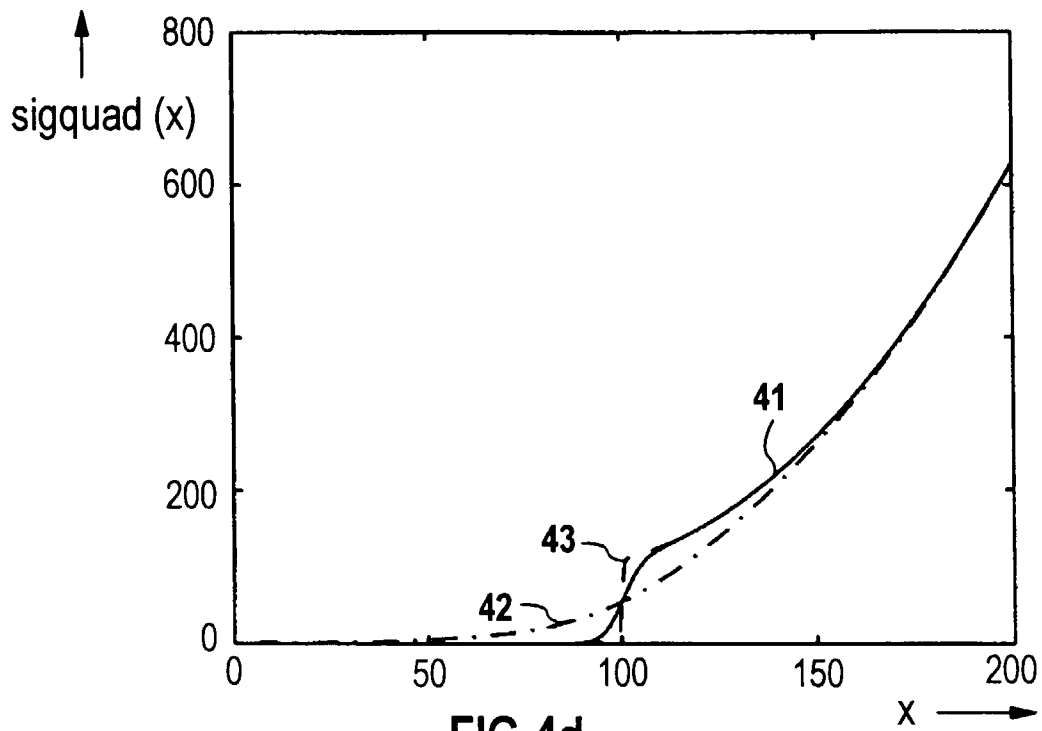
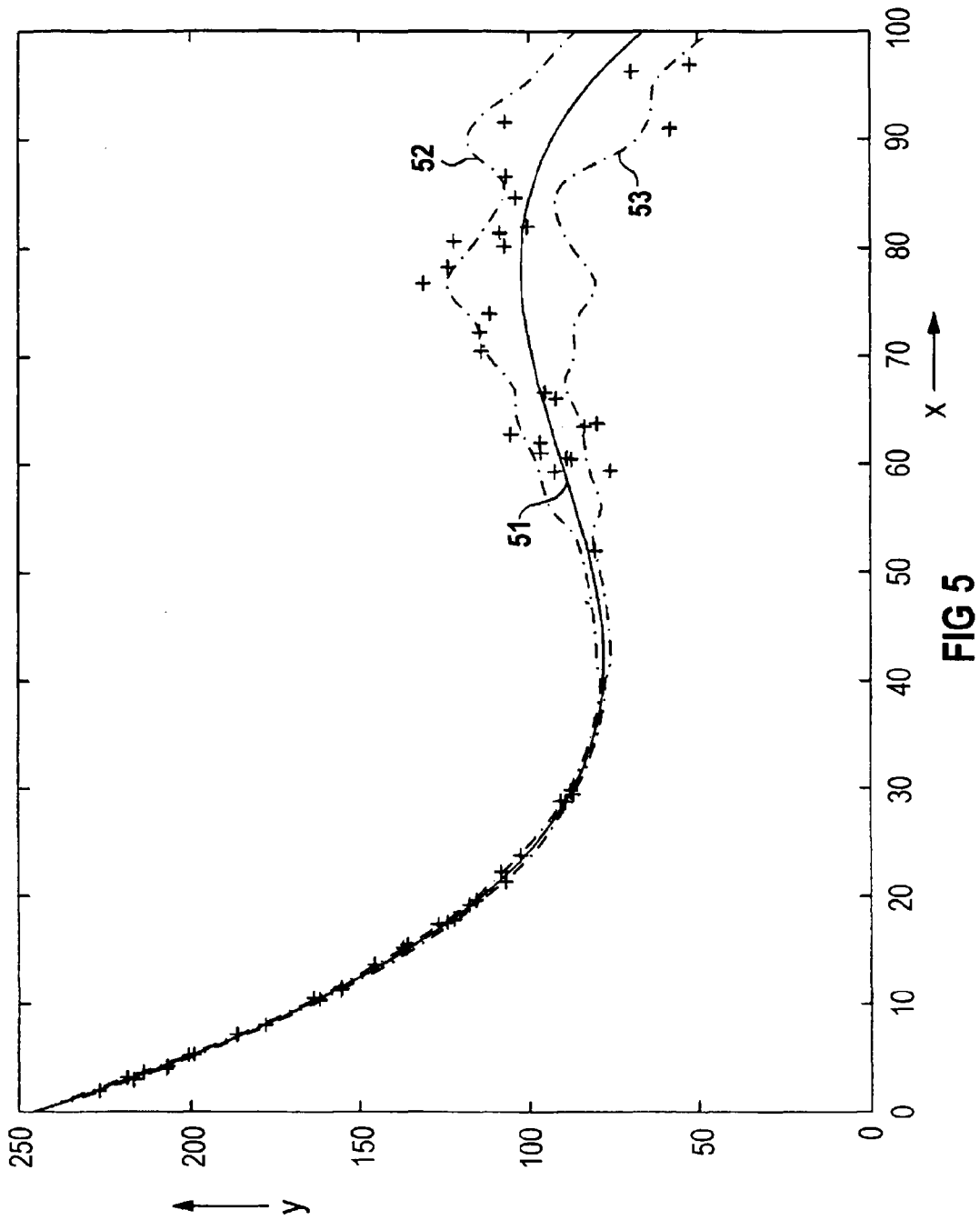
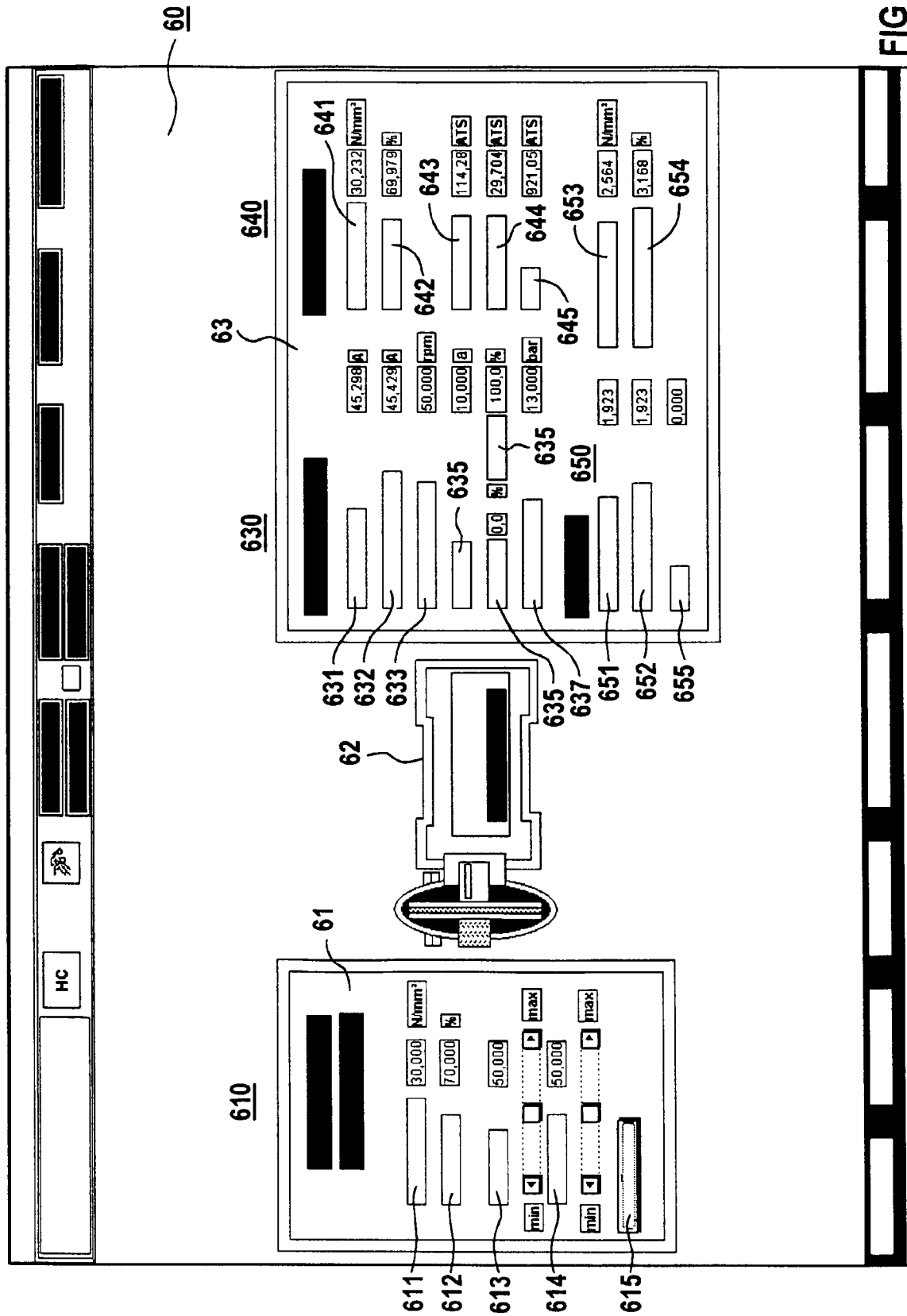


FIG 4d







Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 10 7828

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	EP 0 171 772 A (SCHENCK AG CARL) 19. Februar 1986 (1986-02-19) * Zusammenfassung * * Absätze '04.1!-'04.3!; Ansprüche * ----	1-12	B27N3/00 D21D1/00 G05B13/04
X	US 4 607 325 A (HORN BRIAN C) 19. August 1986 (1986-08-19) * Zusammenfassung *	1	
A	----	2-12	
X	US 5 655 087 A (HINO YUKARI ET AL) 5. August 1997 (1997-08-05) * Zusammenfassung *	1	
A	----	2-12	
A	DE 195 10 008 A (SIEMENS AG) 26. September 1996 (1996-09-26) ----		
A	EP 0 656 515 A (INNOVATHERM PROF DR LEISENBERG) 7. Juni 1995 (1995-06-07) -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) B27N D21D D21H G01N G05B
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 27. Juli 1999	Prüfer Soederberg, J
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.82 (P44C03)

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

EP 99 10 7828

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.

27-07-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0171772	A	19-02-1986	DE	3429718 A	20-02-1986
US 4607325	A	19-08-1986	AU	565673 B	24-09-1987
			AU	8794582 A	28-04-1983
			CA	1170778 A	10-07-1984
			EP	0077685 A	27-04-1983
			FI	823579 A	22-04-1983
			JP	58080705 A	14-05-1983
US 5655087	A	05-08-1997	JP	6325110 A	25-11-1994
DE 19510008	A	26-09-1996	BR	9607837 A	16-06-1998
			CA	2215956 A	26-09-1996
			WO	9629465 A	26-09-1996
			EP	0815315 A	07-01-1998
			NO	974358 A	21-11-1997
			ZA	9602315 A	28-10-1996
EP 0656515	A	07-06-1995	DE	4340940 A	08-06-1995

EPO FORM P0461

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