

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Dezember 2024 (12.12.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/251459 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01B 21/04 (2006.01) B21B 38/02 (2006.01)
B21B 38/00 (2006.01)

(72) Erfinder: KURZ, Matthias; Geschwister-Vömel-Weg 46,
91052 Erlangen (DE). MIELE, Marco; Badstr. 18, 91052
Erlangen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/062767

(74) Anwalt: METALS@LINZ; Primetals Technologies Aus-
tria GmbH Turmstrasse 44, 4031 Linz (AT).

(22) Internationales Anmeldedatum:

08. Mai 2024 (08.05.2024)

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

23177953.9 07. Juni 2023 (07.06.2023) EP

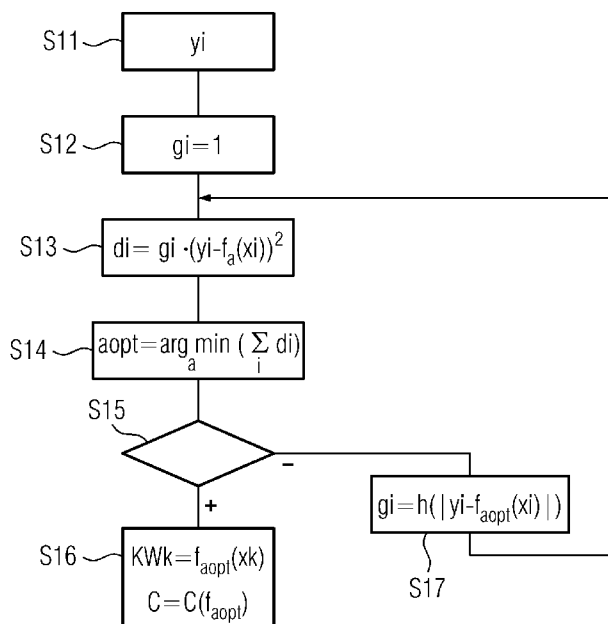
(71) Anmelder: PRIMETALS TECHNOLOGIES GERMA-
NY GMBH [DE/DE]; Bunsenstrasse 43, 91058 Erlangen
(DE).

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,

(54) Title: EVALUATING SPATIALLY RESOLVED MEASUREMENT DATA RELATING TO A PLANAR ROLLED ITEM

(54) Bezeichnung: AUSWERTUNG VON ORTSAUFGELOSTEN MESSDATEN EINES FLACHEN WALZGUTS

FIG 6



(57) Abstract: By means of a detection device (3), measurement data (yi) relating to a planar rolled item (1) are detected, which data are associated in each case with a defined location (xi) in the length direction (rL) and/or width direction (rB) and/or thickness direction (rD) of the planar rolled item (1), such that the measurement data (yi) form a corresponding spatially resolved distribution. An evaluation device (4) receives the measurement data (yi) from the detection device (3). The evaluation device specifies parameters (a) for a function (f) that varies with the location (xi) in the length direction (rL) and/or width direction (rB) and/or thickness direction (rD) of the planar rolled item (1), such that a deviation of the function (f), parameterised by the optimised values (aopt) of the parameters (a), from the measurement data (yi) assumes a minimum according to a reference measure. Based on the function (f), the evaluation device (4)



SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.

performs continuing evaluations. The reference measure is determined by a total of individual assessments (d_i). The evaluation device (4) ascertains the individual assessments (d_i) using the amount of the difference between a particular measurement datum (y_i) and the value of the function (f) at the location of this measurement datum (y_i). Each individual assessment (d_i) increases with the amount of the difference between the particular measurement datum (y_i) and the value of the function (f) at the location of this measurement datum (y_i), but less than quadratically.

(57) **Zusammenfassung:** Auswertung von orts aufgelösten Messdaten eines flachen Walzguts Mittels einer Erfassungseinrichtung (3) werden Messdaten (y_i) eines flachen Walzguts (1) erfasst, die jeweils einem bestimmten Ort (x_i) in Längsrichtung (r_L) und/oder Breitenrichtung (r_B) und/oder Dickenrichtung (r_D) des flachen Walzguts (1) zugeordnet sind, so dass die Messdaten (y_i) eine entsprechende orts aufgelöste Verteilung bilden. Eine Auswertungseinrichtung (4) nimmt die Messdaten (y_i) von der Erfassungseinrichtung (3) entgegen. Die Auswertungseinrichtung legt Parameter (a) für eine mit dem Ort (x_i) in Längsrichtung (r_L) und/oder Breitenrichtung (r_B) und/oder Dickenrichtung (r_D) des flachen Walzguts (1) variierende Funktion (f) derart fest, dass eine Abweichung der mit den optimierten Werten (a_{opt}) der Parameter (a) parametrisierten Funktion (f) von den Messdaten (y_i) gemäß einem Beurteilungsmaß ein Minimum annimmt. Basierend auf der Funktion (f) nimmt die Auswertungseinrichtung (4) weitergehende Auswertungen vor. Das Beurteilungsmaß ist durch eine Summe von Einzelbewertungen (d_i) bestimmt. Die Auswertungseinrichtung (4) ermittelt die Einzelbewertungen (d_i) anhand des Betrages der Differenz eines jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f) am Ort dieses Messdatums (y_i). Die jeweilige Einzelbewertung (d_i) steigt zwar mit dem Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f) am Ort dieses Messdatums (y_i) an, aber weniger als quadratisch.

Beschreibung

Bezeichnung der Erfindung

5 Auswertung von orts aufgelösten Messdaten eines flachen Walzguts

Gebiet der Technik

- 10 Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Auswertungsverfahren für mittels einer Erfassungseinrichtung erfasster Messdaten eines flachen Walzguts,
- wobei die Messdaten jeweils einem bestimmten Ort in Längsrichtung und/oder Breitenrichtung und/oder Dickenrichtung des flachen Walzguts zugeordnet sind, so dass die Messdaten eine entsprechende orts aufgelöste Verteilung bilden,
 - wobei eine Auswertungseinrichtung die Messdaten von der Erfassungseinrichtung entgegennimmt,
 - 15 - wobei die Auswertungseinrichtung Parameter für eine mit dem Ort in Längsrichtung und/oder Breitenrichtung und/oder Dickenrichtung des flachen Walzguts variierende Funktion derart festlegt, dass eine Abweichung der mit den optimierten Werten der Parameter parametrisierten Funktion von den Messdaten gemäß einem Beurteilungsmaß ein Minimum annimmt,
 - 20 - wobei die Auswertungseinrichtung basierend auf der Funktion weitergehende Auswertungen vornimmt,
 - wobei das Beurteilungsmaß durch eine Summe von Einzelbewertungen bestimmt ist,
 - wobei die Auswertungseinrichtung die Einzelbewertungen anhand des Betrages der Differenz eines jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion am Ort dieses Messdatums ermittelt,
 - 25 - wobei die jeweilige Einzelbewertung mit dem Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der endgültigen Funktion am Ort dieses Messdatums ansteigt.

30 Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einem Computerprogramm, das Maschinencode umfasst, der von einer mit einer Erfassungseinrichtung zum Erfassen von Messdaten eines flachen Walzguts, die jeweils einem bestimmten Ort in Längsrichtung und/oder Breitenrichtung und/oder Dickenrichtung des flachen Walzguts zugeordnet sind, so dass die Messdaten eine entsprechende orts aufgelöste Verteilung bilden, verbundenen Auswertungseinrichtung abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Auswertungseinrichtung

35 bewirkt, dass die Auswertungseinrichtung ein derartiges Auswertungsverfahren ausführt.

Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Auswertungseinrichtung, wobei die Auswertungseinrichtung eine Schnittstelle zur datentechnischen Verbindung mit einer Erfassungseinrichtung zum Erfassen von Messdaten eines flachen Walzguts, die jeweils einem bestimmten Ort in Längsrichtung und/oder Breitenrichtung und/oder Dickenrichtung des flachen

40

Walzguts zugeordnet sind, so dass die Messdaten eine entsprechende orts aufgelöste Verteilung bilden, aufweist, wobei die Auswertungseinrichtung mit einem derartigen Computerprogramm programmiert ist, so dass sie im Betrieb ein derartiges Auswertungsverfahren ausführt.

- 5 Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einem Auswertungssystem, das aus einer Erfassungseinrichtung zum Erfassen von Messdaten eines flachen Walzguts, die jeweils einem bestimmten Ort in Längsrichtung und/oder Breitenrichtung und/oder Dickenrichtung des flachen Walzguts zugeordnet sind, so dass die Messdaten eine entsprechende orts aufgelöste Verteilung bilden, und einer mit der Erfassungseinrichtung datentechnisch verbundenen Auswertungseinrichtung besteht, wobei die Auswertungseinrichtung so wie vorstehend ausgeführt ausgebildet ist, die im Betrieb ein derartiges Auswertungsverfahren ausführt.

Stand der Technik

- 15 Die genannten Gegenstände sind allgemein bekannt. Im Rahmen der Vorgehensweisen des Standes der Technik erfolgt in aller Regel eine Optimierung gemäß dem Verfahren der minimalen Quadrate. Wenn mit x_i der jeweilige Messort und mit y_i das jeweilige Messdatum bezeichnet werden, mit f die Funktion, mit a die Parameter der Funktion und mit a_{opt} die optimierten Parameter der Funktion bezeichnet werden, erfolgt die Ermittlung der Parameter und damit der Funktion dadurch, dass das Problem

$$a_{opt} = \arg \min_a \left(\sum_i (y_i - f_a(x_i))^2 \right) \quad (1)$$

- 25 gelöst wird. Die entsprechenden Ansätze und auch die Lösungsverfahren für diesen Ansatz sind Fachleuten allgemein bekannt.

- Die Funktion f ist oftmals ein Polynom, beispielsweise ein Polynom 4. oder 6. Grades. Es kann sich aber auch um eine andere Funktion handeln, solange die Funktion – individuell für den jeweiligen Messort – bezüglich der Parameter linear ist. Beispielsweise kann die Funktion f abschnittsweise durch Splines definiert sein, d.h. als Polynome für jeweilige Abschnitte.

Zusammenfassung der Erfindung

- 35 Bei der Produktion eines flachen Walzguts, beispielsweise eines Metallbandes oder einer Metallplatte (Grobblech) werden nach dem Walzen oftmals orts aufgelöste Messdaten des gewalzten Materials erfasst, beispielsweise dessen Temperaturverteilung in Längs- und/oder Breitenrichtung, der Konturverlauf in Breitenrichtung oder der Planheitsverlauf in Breitenrichtung. Bei einem relativ dicken flachen Walzgut, beispielsweise einem Vorband, kann auch eine Erfassung beispielsweise der Temperatur an einer Bandkante in Dickenrichtung erfolgen. In manchen Fäl-

len werden die gleichen Vorgehensweisen auch für das noch ungewalzte flache Walzgut ergriffen.

Die zugehörigen Messdaten (Rohwerte) werden an diskreten Orten des flachen Walzguts erfasst. Beispielsweise werden der Konturverlauf und der Planheitsverlauf in Breitenrichtung an bestimmten Orten erfasst. Man spricht von einem Profil- oder Planheitsscan. In manchen Fällen wird die Erfassung über die Länge des flachen Walzguts gesehen mehrmals wiederholt, so dass der jeweilige Scan in Längsrichtung des flachen Walzguts gesehen einem entsprechenden Abschnitt des flachen Walzguts zugeordnet ist.

Die Messdaten werden üblicherweise vorverarbeitet. Im Rahmen der Vorverarbeitung erfolgt die Ermittlung der obenstehend Funktion. Die weitergehende Auswertung basiert sodann auf der Funktion. Beispielsweise können bei einem Profilsan anhand der Funktion die Profilwerte ermittelt werden, beispielsweise der C25-Wert, der C40-Wert oder der C100-Wert. Sowohl die ermittelte Funktion als auch die aus der Funktion abgeleiteten Werte sind Qualitätsparameter des flachen Walzguts. Sie werden oftmals Regelungen zugeführt, die im Rahmen der Herstellung weiterer flacher Walzgüter oder weiterer Abschnitte des flachen Walzguts eingesetzt werden, beispielsweise im Rahmen einer üblichen Profil- und Planheitsregelung. Auch werden Prozessmodelle oftmals unter Verwertung der Funktion oder daraus abgeleiteter Werte adaptiert.

Die Messdaten sind oftmals mit Störungen behaftet. Derartige Störungen können beispielsweise auf Wassertropfen und/oder Wasserdampf am jeweiligen Messort zurückzuführen sein. Gestörte Messdaten verändern in manchen Fällen den Verlauf der Funktion in signifikanter Weise und führen dadurch zu Problemen bei der weitergehenden Auswertung, beispielsweise bei der Ansteuerung von Profil- und Planheitsstellgliedern eines Walzgerüsts.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer eine stabilere und robustere Ermittlung der Funktion möglich ist.

Die Aufgabe wird durch ein Auswertungsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Auswertungsverfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 5.

Erfindungsgemäß wird ein Auswertungsverfahren der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass die jeweilige Einzelbewertung mit dem Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion am Ort dieses Messdatums weniger als quadratisch ansteigt.

Die vorliegende Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die Minimierung der Summe der quadratischen Abweichungen, wie sie im Stand der Technik erfolgt, zu einer sehr hohen Wich-

tung von Störungen (Ausreißern) führt, während diese Wichtung umso mehr abnimmt, je weniger die jeweilige Einzelbewertung bei einem größeren Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion am Ort dieses Messdatums ansteigt.

- 5 Das Ausmaß, um welches die jeweilige Einzelbewertung weniger als quadratisch ansteigt, kann nach Bedarf gewählt sein. Sie kann auch näherungsweise bei einem quadratischen Anstieg liegen, beispielsweise eine 1,8-Potenz oder eine 1,9-Potenz des Betrages der Abweichung sein. Auch dies führt bereits zu einer gewissen Verbesserung. Allgemein gilt, dass die Wichtung einzelner Abweichungen (hervorgerufen durch Ausreißer) umso schwächer ist, je stärker die
- 10 jeweilige Einzelbewertung weniger als quadratisch ansteigt. Vorzugsweise sollte daher ein nennenswerter Abstand von einer 2,0-Potenz (= der quadratischen Abweichung) eingehalten werden. Beispielsweise kann – in exakter Inversion eines quadratischen Anstiegs – ein Anstieg gemäß einer Wurzelfunktion erfolgen, also einer 0,5-Potenz:

$$15 \quad a_{opt} = \arg \min_a \left(\sum_i \sqrt{|y_i - f_a(x_i)|} \right). \quad (2)$$

- In Versuchen hat es sich als völlig ausreichend erwiesen, wenn die jeweilige Einzelbewertung zumindest in etwa linear mit dem Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion am Ort dieses Messdatums ansteigt. Mit der Formulierung „in etwa linear“
- 20 ist gemeint, dass die jeweilige Einzelbewertung mit einer x-Potenz des Betrages der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion am Ort dieses Messdatums ansteigt, wobei x zwischen 0,8 und 1,2 liegt. Besonders bevorzugt ist, dass die jeweilige Einzelbewertung mit einer 1,0-Potenz des Betrages der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion am Ort dieses Messdatums ansteigt, also mit dem Betrag selbst überein-
- 25 stimmt. Insbesondere für den exakt linearen Anstieg, dass also die optimierten Parameter a_{opt} der Funktion f gemäß der Beziehung

$$a_{opt} = \arg \min_a \left(\sum_i |y_i - f_a(x_i)| \right) \quad (3)$$

- 30 ermittelt werden, sind Fachleuten Lösungen allgemein bekannt, beispielsweise das sogenannte Simplex-Verfahren.

- Alternativ ist es möglich, dass zwar eine Ermittlung der Parameter durch Minimieren eines Beurteilungsmaßes erfolgt, wobei das Beurteilungsmaß durch eine Summe von Einzelbewertungen
- 35 bestimmt ist und die jeweilige Einzelbewertung mit dem Quadrat der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion am Ort dieses Messdatums ansteigt, zusätzlich jedoch Wichtungsfaktoren verwendet werden. In diesem Fall wird ein sogenanntes recursively re-weighted least square-Verfahren angewendet. Bei einem recursively re-weighted least square-

Verfahren wird so vorgegangen, dass die Auswertungseinrichtung zum Festlegen der Parameter in einer Anzahl von Iterationen

- für die jeweilige Iteration
 - jeweils eine Summe von für die jeweilige Iteration gültigen Einzelbewertungen ermittelt und für die jeweilige Iteration gültige Parameter festlegt, so dass eine Abweichung der Funktion, wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter bestimmt ist, von den Messdaten gemäß dem Beurteilungsmaß ein Minimum annimmt,
 - die für die jeweilige Iteration gültigen Einzelbewertungen durch Wichtung des Quadrates der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion, wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter bestimmt ist, am Ort dieses Messdatums mit einem für das jeweilige Messdatum und die jeweilige Iteration individuellen Wichtungsfaktor ermittelt und
- entweder die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter als endgültig festgelegte Parameter übernimmt oder für die Messdaten anhand des Betrages der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion, wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter bestimmt ist, den Wichtungsfaktor für das jeweilige Messdatum für die nächste Iteration ermittelt.

In Formeln ausgedrückt erfolgt für die jeweilige Iteration die Festlegung der optimierten Parameter a_{opt} somit gemäß der Beziehung

$$a_{opt} = \arg \min_a \left(\sum_i g_i (y_i - f_a(x_i))^2 \right). \quad (4)$$

Für die erste Iteration werden die Wichtungsfaktoren g_i auf Anfangswerte gesetzt, üblicherweise einheitlich auf denselben Wert, beispielsweise auf den Wert 1:

$$g_i = 1. \quad (5)$$

Für die jeweils nachfolgende Iteration werden die Wichtungsfaktoren g_i – individuell für das jeweilige Messdatum – anhand einer weiteren Funktion h ermittelt, die vom Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion, wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter bestimmt ist, abhängig ist:

$$g_i = h(|y_i - f_{a_{opt}}(x_i)|). \quad (6)$$

Die Iterationen werden fortgesetzt, bis ein Abbruchkriterium erfüllt ist. Das Abbruchkriterium kann nach Bedarf bestimmt sein. Beispielsweise kann das Abbruchkriterium erfüllt sein, wenn eine vorbestimmte Anzahl von Iterationen ausgeführt worden ist. Auch kann das Abbruchkriterium erfüllt sein, wenn die Änderung der Wichtungsfaktoren g_i unter eine vorbestimmte Schwelle

sinkt oder wenn das Beurteilungsmaß unter eine vorbestimmte Schwelle sinkt. Auch Kombinationen sind möglich.

5 Nach dem Ausführen der letzten Iteration übernimmt die Auswertungseinrichtung die für die letzte Iteration gültigen vorläufigen Parameter als endgültig festgelegte Parameter.

Im Rahmen der Ermittlung der Wichtungsfaktoren für die jeweils nächste Iteration – also im Ergebnis durch die weitere Funktion h – muss im Kern gewährleistet sein, dass der jeweilige Wichtungsfaktor mit dem Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion streng monoton fällt. Es ist jedoch in der Regel ausreichend, wenn diese Bedingung dann erfüllt ist, wenn der Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion zwischen einem Minimalwert und einem Maximalwert liegt. Unterhalb des Minimalwertes reicht es oftmals aus, wenn der jeweilige Wichtungsfaktor mit dem Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion monoton oder streng monoton fällt. Oberhalb des Maximalwertes fällt der jeweilige Wichtungsfaktor mit dem Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion oftmals weiterhin streng monoton. Gegebenenfalls kann der Wichtungsfaktor in diesem Wertebereich des Betrages der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion aber auch den Wert 0 annehmen. Dies hat zur Folge, dass das entsprechende Messdatum als Ausreißer klassifiziert wird und bei der weiteren Ermittlung der Funktion völlig unberücksichtigt bleibt.

Besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung, bei welcher der Wichtungsfaktor des jeweiligen Messdatums für die nächste Iteration zumindest dann, wenn der Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion, wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter bestimmt ist, zwischen dem Minimalwert und dem Maximalwert liegt, zumindest in etwa gleich dem Kehrwert des Betrages der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der Funktion, wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter bestimmt ist, ist. Durch diese Vorgehensweise werden die Vorteile der einfachen Ermittlung der Parameter (und der Robustheit gegen Störungen) miteinander kombiniert. Denn für die Ermittlung der Parameter können Vorgehensweisen angewendet werden, die sehr ähnlich zu den Vorgehensweisen sind, die bei der Minimierung der quadratischen Abweichungen angewendet werden. Durch die Wichtung mit dem Kehrwert des Betrages der Differenz des jeweiligen Messdatums und des Wertes der jeweiligen vorläufigen Funktion erfolgt im Ergebnis eine Reduzierung der 2,0-Potenz auf eine 1,0-Potenz.

35 Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst. Erfindungsgemäß bewirkt die Abarbeitung des Computerprogramms, dass die Auswertungseinrichtung ein erfindungsgemäßes Auswertungsverfahren ausführt.

Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Auswertungseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Auswertungseinrichtung mit einem erfindungsgemäßen Computerprogramm programmiert, so dass die Auswertungseinrichtung ein erfindungsgemäßes Auswertungsverfahren ausführt.

5

Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Auswertungssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Auswertungseinrichtung des Systems als erfindungsgemäße Auswertungseinrichtung ausgebildet, die im Betrieb ein erfindungsgemäßes Auswertungsverfahren ausführt.

10

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

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 eines Ausführungsbeispiels, das im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert wird. Dabei zeigen:

15

FIG 1	ein Walzwerk und zugehörige Einrichtungen,
FIG 2	ein flaches Walzgut von oben,
FIG 3	eine Verteilung von Messdaten und eine Funktion,
FIG 4 bis 9	Ablaufdiagramme und
FIG 10	eine Verteilung von Messdaten und Funktionen.

20

Beschreibung der Ausführungsformen

25

Gemäß FIG 1 soll ein flaches Walzgut 1 in einem Walzwerk 2 gewalzt werden. Das Walzwerk 2 ist in FIG 1 als mehrgerüstige Walzstraße dargestellt, deren Walzgerüste von dem Walzgut 1 sequenziell nacheinander durchlaufen werden. Das Walzwerk könnte jedoch auch nur ein einzelnes Walzgerüst aufweisen und/oder reversierend arbeiten. Das Walzwerk kann weiterhin auch eine Kühlstrecke umfassen. Weiterhin sind in FIG 1 nur die Arbeitswalzen der Walzgerüste dargestellt. Üblicherweise weisen die Walzgerüste weitere Walzen auf, insbesondere Stützwalzen. Das flache Walzgut 1 ist in der Regel ein metallisches Walzgut. Es kann beispielsweise aus Stahl oder aus Aluminium bestehen. Es kann als Band oder – insbesondere im Falle von Stahl – als Grobblech ausgebildet sein.

30

35

Dem Walzwerk ist (mindestens) eine Erfassungseinrichtung 3 zugeordnet. Gemäß der Darstellung in FIG 1 ist sowohl eingangsseitig des Walzwerks 2 als auch ausgangsseitig des Walzwerks 2 jeweils eine Erfassungseinrichtung 3 vorhanden. Die Erfassungseinrichtungen 3 sind Bestandteil eines Auswertungssystems im Sinne der vorliegenden Erfindung. Mittels der jeweiligen Erfassungseinrichtung 3 werden Messdaten y_i des flachen Walzguts 1 erfasst. Die Messda-

40

ten y_i sind jeweils einem bestimmten Ort x_i in Längsrichtung r_L , und/oder Breitenrichtung r_B (siehe FIG 2) und/oder Dickenrichtung r_D des flachen Walzguts 1 zugeordnet. Die Messdaten y_i bilden somit eine entsprechende orts aufgelöste Verteilung.

- 5 Beispielsweise können die Messdaten y_i entsprechend der Darstellung rechts in FIG 2 und in FIG 3 eindimensional in der Breitenrichtung r_B verteilt sein. Mit b ist in FIG 3 die Breite des Walzguts 1 bezeichnet. In diesem Fall können die Messdaten y_i beispielsweise für die Dicke des Walzguts 1 oder die Planheit des Walzguts 1 am jeweiligen Ort x_i charakteristisch sein. Alternativ können die Messdaten y_i entsprechend der Darstellung links in FIG 2 zweidimensional in der Längsrichtung r_L und der Breitenrichtung r_B verteilt sein. In diesem Fall können die Messdaten y_i beispielsweise für die Temperatur des Walzguts 1 am jeweiligen Ort x_i charakteristisch sein. Auch andere ein- oder mehrdimensionale Verteilungen (auch in der Dickenrichtung r_D , siehe FIG 1) sind möglich.
- 15 Das Auswertungssystem umfasst weiterhin eine Auswertungseinrichtung 4. Die Auswertungseinrichtung 4 ist mit den vorhandenen Erfassungseinrichtungen 3 datentechnisch verbunden, so dass die Auswertungseinrichtung 4 von den Erfassungseinrichtungen 3 deren Messdaten y_i entgegennehmen kann. Die Auswertungseinrichtung 4 weist zu diesem Zweck eine entsprechende Schnittstelle 5 auf, gegebenenfalls für jede Erfassungseinrichtung 3 jeweils eine eigene Schnittstelle 5. Die Auswertungseinrichtung 4 ist im vorliegenden Fall als Steuereinrichtung ausgebildet, die das Walzwerk steuert. Dies ist aber nicht zwingend erforderlich.
- 20

Die Auswertungseinrichtung 4 ist mit einem Computerprogramm 6 programmiert. Das Computerprogramm 6 umfasst Maschinencode 7, der von der Auswertungseinrichtung 4 abarbeitbar ist. Die Programmierung der Auswertungseinrichtung 4 mit dem Computerprogramm 6 bzw. die Abarbeitung des Maschinencodes 7 durch die Auswertungseinrichtung 4 bewirkt, dass die Auswertungseinrichtung 4 im Betrieb ein Auswertungsverfahren ausführt, das nachstehend in Verbindung mit FIG 4 näher erläutert wird. Im Rahmen der Erläuterungen zu FIG 4 wird angenommen, dass nur eine der beiden Erfassungseinrichtungen 3 vorhanden ist. Falls sowohl einlaufseitig als auch auslaufseitig jeweils eine Erfassungseinrichtung 3 vorhanden ist, werden die entsprechenden Messdaten y_i getrennt voneinander verarbeitet.

25

30

Gemäß FIG 4 nimmt die Auswertungseinrichtung 4 in einem Schritt S1 die Messdaten y_i von der Erfassungseinrichtung 3 entgegen.

35

In einem Schritt S2 ermittelt die Auswertungseinrichtung 4 Einzelbewertungen d_i . Die Auswertungseinrichtung 4 ermittelt die jeweilige Einzelbewertung d_i anhand des Betrages der Differenz eines jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes einer mit Parametern a parametrisierten Funktion f am Ort x_i dieses Messdatums y_i . Die Funktion f variiert mit dem Ort x in Längsrichtung r_L und/oder Breitenrichtung r_B und/oder Dickenrichtung r_D des Walzguts 1. Die Funktion f variiert

40

hierbei in den gleichen Dimensionen, in denen auch die Messdaten y_i die entsprechende orts-
aufgelöste Verteilung bilden. Soweit erforderlich, können für die Parameter a anfängliche Werte
festgesetzt werden. Die jeweilige Einzelbewertung d_i ist genau genommen kein Zahlenwert,
sondern ein von den Parametern a abhängiger parametrierter Wert.

5

In einem Schritt S3 führt die Auswertungseinrichtung 4 eine Optimierung durch und legt
dadurch optimierte Werte a_{opt} für die Parameter a der Funktion f fest. Beispielsweise im eindi-
mensionalen Fall kann die Auswertungseinrichtung 4 als Parameter a die Koeffizienten eines
Polynoms 4. oder 6. Grades festlegen. Die Festlegung erfolgt derart, dass eine Abweichung der
10 Funktion f von den Messdaten y_i gemäß einem Beurteilungsmaß ein Minimum annimmt. Das
Beurteilungsmaß ist durch die Summe der Einzelbewertungen d_i bestimmt.

Sodann nimmt die Auswertungseinrichtung 4 in einem Schritt S4 weitergehende Auswertungen
vor. Diese Auswertungen erfolgen basierend auf der Funktion f . Beispielsweise kann die Aus-
15 wertungseinrichtung 4 im Schritt S4 die Funktion f an vorbestimmten Orten x_k auswerten und
dadurch Kennwerte KW_k des flachen Walzguts 1 ermitteln. Die Orte x_k können nach Bedarf mit
den Orten x_i oder einem Teil der Orte x_i übereinstimmen oder von den Orten x_i verschiedene
Orte sein. Auch kann die Auswertungseinrichtung 4 im Schritt S4 die Funktion f als solche ver-
werten. In dem Fall, dass die Auswertungseinrichtung 4 als Steuereinrichtung für das Walzwerk
20 ausgebildet ist, kann die Auswertungseinrichtung 4 beispielsweise im Schritt S4 Steuergrößen
 C , mit denen die Walzgerüste des Walzwerks 2 angesteuert werden, unter Verwertung der
Kennwerte KW_k und/oder der Funktion f ermitteln.

FIG 5 zeigt eine mögliche Ausgestaltung des Schrittes S2 von FIG 4. Gemäß FIG 5 ermittelt die
25 Auswertungseinrichtung 4 die jeweilige Einzelbewertung d_i derart, dass sie linear mit dem Be-
trag der Differenz des jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der Funktion f am Ort x_i dieses
Messdatums y_i ansteigt. Im Rahmen von FIG 5 erfolgt ein exakt linearer Anstieg. Der Anstieg
könnte aber auch etwas stärker oder etwas schwächer als linear sein, also eine z -Potenz dieses
Betrages, wobei der Exponent z der Potenzfunktion geringfügig kleiner oder geringfügig größer
30 als 1 ist. „Geringfügig“ bedeutet vorliegend eine Abweichung von maximal 0,2.

FIG 6 zeigt eine Modifikation der Vorgehensweise von FIG 4. Gemäß FIG 4 nimmt die Auswer-
tungseinrichtung 4 in einem Schritt S11 die Messdaten y_i von der Erfassungseinrichtung 3 ent-
gegen. Der Schritt S11 korrespondiert mit dem Schritt S1 von FIG 4.

35

In einem Schritt S12 ermittelt die Auswertungseinrichtung 4 – individuell für die Messdaten y_i –
einen jeweiligen Wichtungsfaktor g_i . Der Schritt S12 kann insofern entartet sein, als die Wich-
tungsfaktoren g_i für die Messdaten y_i einheitlich derselbe sein kann, beispielsweise den Wert 1
aufweisen kann.

40

In einem Schritt S13 ermittelt die Auswertungseinrichtung 4 die Einzelbewertungen d_i . Die Auswertungseinrichtung 4 ermittelt die jeweilige Einzelbewertung d_i im Rahmen des Schrittes S13 anhand des Quadrates der Differenz eines jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der Funktion f am Ort x_i dieses Messdatums y_i . Die Auswertungseinrichtung 4 wichtet dieses Quadrat jedoch mit dem jeweiligen Wichtungsfaktor g_i . Die Funktion f ist die gleiche wie im Schritt S2 von FIG 4. Auch hier ist die jeweilige Einzelbewertung d_i genau genommen kein Zahlenwert, sondern ein von den Parametern a abhängiger parametrierter Wert.

In einem Schritt S14 legt die Auswertungseinrichtung 4 optimierte Werte a_{opt} für die Parameter a der Funktion f fest. Die Festlegung der optimierten Werte a_{opt} des Schrittes S14 erfolgt völlig analog zum Schritt S3 von FIG 4. Der Unterschied besteht jedoch darin, dass die Festlegung des Schrittes S14 im Gegensatz zur Festlegung des Schrittes S3 nur vorläufig ist.

In einem Schritt S15 prüft die Auswertungseinrichtung 4, ob ein Abbruchkriterium erfüllt ist. Wenn das Abbruchkriterium erfüllt ist, gelten die optimierten Werte a_{opt} der Parameter a , wie sie bei der vorherigen Ausführung des Schrittes S14 festgelegt wurden, als endgültig. In diesem Fall geht die Auswertungseinrichtung 4 zu einem Schritt S16 über. Im Schritt S16 nimmt die Auswertungseinrichtung 4 weitergehende Auswertungen vor. Der Schritt S16 korrespondiert mit dem Schritt S4 von FIG 4.

Wenn die Auswertungseinrichtung 4 nicht zum Schritt S16 übergeht, geht sie zu einem Schritt S17 über. Im Schritt S17 ermittelt die Auswertungseinrichtung 4 die Wichtungsfaktoren g_i neu, und zwar individuell für das jeweilige Messdatum y_i . Die Ermittlung des Schrittes S17 erfolgt gemäß einer weiteren Funktion h . Die weitere Funktion h ist derart bestimmt, dass sie – jedenfalls über weite Bereiche – streng monoton fallend ist, also einen umso kleineren Wert annimmt, je größer das Argument der weiteren Funktion h ist, also der Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der mit den optimierten Werten a_{opt} der Parameter a parametrisierten Funktion f am Ort x_i dieses Messdatums y_i . Vom Schritt S17 aus geht die Auswertungseinrichtung 4 zum Schritt S13 zurück.

Sowohl durch die Vorgehensweise von FIG 5 als auch durch die Vorgehensweise von FIG 6 wird erreicht, dass die jeweilige Einzelbewertung d_i zwar mit dem Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der Funktion f (wie sie gerade parametrisiert ist) am Ort x_i dieses Messdatums y_i ansteigt, aber weniger als quadratisch ansteigt. Bei der Vorgehensweise von FIG 5 gilt dies bereits für die direkte Ermittlung der optimierten Parameter a_{opt} für die Funktion f . Bei der Vorgehensweise gemäß FIG 6 gilt dies – mit Ausnahme der ersten Iteration – nicht nur für die letzte Iteration, sondern auch für die vorhergehenden Iterationen.

FIG 7 zeigt eine mögliche Ausgestaltung des Schrittes S17 von FIG 6. Bei der Ausgestaltung von FIG 7 ist der jeweilige Wichtungsfaktor g_i für das jeweilige Messdatum y_i für die nächste

Iteration im wesentlichen reziprok zum Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der mit den optimierten Werten a_{opt} der Parameter a parametrisierten Funktion f am Ort x_i dieses Messdatums y_i . Dies gilt jedoch nur, wenn dieser Betrag oberhalb eines Minimalwertes δ_0 liegt. Unterhalb des Minimalwertes δ_0 nimmt der jeweilige Wichtungsfaktor g_i den Wert $1/\delta_0$ an und ist damit konstant bzw. fällt (nur) monoton. Dies ist jedoch unkritisch, weil insbesondere die Wichtung großer Abweichungen reduziert werden soll.

FIG 8 zeigt eine weitere mögliche Ausgestaltung des Schrittes S17 von FIG 6. Bei der Ausgestaltung von FIG 8 wird das Quadrat der Differenz des jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der mit den optimierten Werten a_{opt} der Parameter a parametrisierten Funktion f am Ort x_i dieses Messdatums y_i gebildet und zu dem so ermittelten – selbstverständlich nicht negativen – Wert das Quadrat des Minimalwertes δ_0 addiert. Dann wird aus dieser Summe die Wurzel gezogen. Der Unterschied zur Ausgestaltung von FIG 7 besteht darin, dass ein weicher Übergang erfolgt, wenn der Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der Funktion f am Ort x_i dieses Messdatums y_i den Wertebereich von geringfügig unterhalb des Minimalwertes δ_0 bis geringfügig oberhalb des Minimalwertes δ_0 durchläuft. Im übrigen ist die Ausgestaltung gemäß FIG 8 völlig analog zu der von FIG 7.

FIG 9 zeigt eine weitere mögliche Ausgestaltung des Schrittes S17 von FIG 6. Bei der Ausgestaltung von FIG 9 geht der Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der mit den optimierten Werten a_{opt} der Parameter a parametrisierten Funktion f am Ort x_i dieses Messdatums y_i mit negativem Vorzeichen in den Exponenten einer positiven Zahl ein, in dem Beispiel von FIG 9 der Eulerschen Zahl e . Bei der Ausgestaltung von FIG 9 fällt der jeweilige Wichtungsfaktor g_i für das jeweilige Messdatum y_i für die nächste Iteration im gesamten möglichen Wertebereich dieses Betrages streng monoton, also sowohl oberhalb als auch unterhalb des Minimalwertes δ_0 .

Durch jede der Ausgestaltungen der FIG 7 bis 9 wird weiterhin gewährleistet, dass die Wichtungsfaktoren g_i auch dann einen definierten endlichen Wert annehmen, wenn der Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der Funktion f am Ort x_i dieses Messdatums y_i einen sehr kleinen Wert annimmt. Weiterhin wird sowohl bei der Ausgestaltung gemäß FIG 7 als auch bei der Ausgestaltung gemäß FIG 8 erreicht, dass der jeweilige Wichtungsfaktor g_i für die nächste Iteration zumindest dann, wenn der Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der Funktion f oberhalb des Minimalwertes δ_0 liegt, exakt oder zumindest in etwa gleich dem Kehrwert dieses Betrages ist. Bei der Ausgestaltung von FIG 9 ist dies nicht der Fall.

Nicht dargestellt ist eine weitere Modifikation, die bei jeder der Ausgestaltungen der FIG 6 bis 9 realisierbar ist. Denn es ist möglich, einen Maximalwert festzulegen. Wenn der Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der Funktion f am jeweiligen Ort x_i den Ma-

ximalwert überschreitet, kann es zulässig sein, den Wichtungsfaktor g_i auf den Wert 0 zu setzen. In diesem Fall liegt oberhalb des Maximalwertes kein streng monoton abfallendes Verhalten mehr vor, wie dies beispielsweise bei den Ausgestaltungen der FIG 7 bis 9 ist. Durch das Setzen des Wichtungsfaktors g_i auf den Wert 0 wird erreicht, dass das entsprechende Messdatum y_i als
5 Ausreißer klassifiziert wird und bei der Ermittlung des Beurteilungsmaßes überhaupt nicht mehr berücksichtigt wird.

FIG 10 verdeutlicht die Vorteile, die sich durch die vorliegende Erfindung ergeben.

10 Im Rahmen von FIG 10 wurden die Messwerte y_i , die in FIG 10 durch kleine Sternchen angedeutet sind, simuliert. Ersichtlich ergibt sich vom Ansatz her eine Parabel, also ein Polynom 2. Grades. Es wurde jedoch angenommen, dass im Wertebereich zwischen -1,0 und -0,9 sowie im Wertebereich zwischen -0,2 und 0,0 ist jedoch jeweils eine Störung aufgetreten ist, so dass in diesen beiden Wertebereichen „Ausreißer“ auftreten, was für eine Person mit ihrer Intelligenz
15 ohne weiteres erkennbar ist. Als Funktion f wurde ein Polynom 4. Grades angenommen.

Mit f_1 ist in FIG 10 eine Funktion f bezeichnet, wie sie sich durch die übliche Minimierung der Fehlerquadrate ergibt, wenn die Auswertungseinrichtung 4 also die Einzelbewertungen d_i anhand des Quadrates der Differenz eines jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der Funktion
20 f am Ort x_i dieses Messdatums y_i bestimmt. Die Funktion f_1 kann sich zwar auch bei der vorliegenden Erfindung ergeben, aber nur beim erstmaligen Abarbeiten der Schritte S11 bis S14, wenn also die Wichtungsfaktoren g_i (noch) alle den Wert 1 (bzw. allgemein einen einheitlichen Wert) aufweisen. Ersichtlich gibt die Funktion f_1 den durch die Messdaten y_i erfassten funktionalen Verlauf nur sehr schlecht wieder.

25 Mit f_2 ist in FIG 10 eine Funktion f bezeichnet, wie sie sich bei der Ausgestaltung gemäß den FIG 4 und 5 ergibt, wenn die Auswertungseinrichtung 4 also die Einzelbewertungen d_i direkt gleich dem Betrag der Differenz eines jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der Funktion f am Ort x_i dieses Messdatums y_i setzt. Ersichtlich gibt die Funktion f_2 den durch die Messdaten
30 y_i erfassten funktionalen Verlauf in nahezu idealer Art und Weise wieder.

Mit f_3 ist in FIG 10 eine Funktion f bezeichnet, wie sie sich bei der Ausgestaltung gemäß den FIG 6 und 7 bzw. den FIG 6 und 8 ergibt, wenn die Auswertungseinrichtung 4 also die Einzelbewertungen d_i durch Wichtung des Quadrates der Differenz eines jeweiligen Messdatums y_i und des Wertes der Funktion f am Ort x_i dieses Messdatums y_i mit dem jeweiligen individuell
35 ermittelten Wichtungsfaktor g_i bestimmt. Konkret zeigt die Funktion f_3 das Ergebnis nach fünf Iterationen. Ersichtlich gibt die Funktion f_3 den durch die Messdaten y_i erfassten funktionalen Verlauf zwar nicht in nahezu idealer Art und Weise, wohl aber in sehr guter Näherung wieder.

Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere kann die Funktion f in einer Art und Weise ermittelt werden, die das reale Verhalten erheblich besser widerspiegelt als die üblichen Vorgehensweisen des Standes der Technik. Es ist ohne weiteres möglich, die entsprechende Software (also das Computerprogramm 6) bei einer bereits vorhandenen Auswertungseinrichtung aufzuspielen und so einen Upgrade einer bestehenden Auswertungseinrichtung zu einer erfindungsgemäßen Auswertungseinrichtung 4 vorzunehmen.

Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten 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.

Bezugszeichenliste

1	Walzgut
2	Walzwerk
3	Erfassungseinrichtungen
4	Auswertungseinrichtung
5	Schnittstelle
6	Computerprogramm
7	Maschinencode
a, aopt	Parameter
b	Breite
C	Steuergrößen
di	Einzelbewertungen
f, f1, f2, f3 h	Funktionen
gi	Wichtungsfaktoren
KWk	Kennwerte
rB, rD, rL	Richtungen
S1 bis S17	Schritte
x, xi, xk	Orte
yi	Messdaten
δ_0	Minimalwert

Ansprüche

1. Auswertungsverfahren für mittels einer Erfassungseinrichtung (3) erfasster Messdaten (y_i) eines flachen Walzguts (1),
 - 5 - wobei die Messdaten (y_i) jeweils einem bestimmten Ort (x_i) in Längsrichtung (r_L) und/oder Breitenrichtung (r_B) und/oder Dickenrichtung (r_D) des flachen Walzguts (1) zugeordnet sind, so dass die Messdaten (y_i) eine entsprechende orts aufgelöste Verteilung bilden,
 - wobei eine Auswertungseinrichtung (4) die Messdaten (y_i) von der Erfassungseinrichtung (3) entgegennimmt,
 - 10 - wobei die Auswertungseinrichtung (4) Parameter (a) für eine mit dem Ort (x_i) in Längsrichtung (r_L) und/oder Breitenrichtung (r_B) und/oder Dickenrichtung (r_D) des flachen Walzguts (1) variierende Funktion (f) derart festlegt, dass eine Abweichung der mit den optimierten Werten (a_{opt}) der Parameter (a) parametrisierten Funktion (f) von den Messdaten (y_i) gemäß einem Beurteilungsmaß ein Minimum annimmt,
 - 15 - wobei die Auswertungseinrichtung (4) basierend auf der Funktion (f) weitergehende Auswertungen vornimmt,
 - wobei das Beurteilungsmaß durch eine Summe von Einzelbewertungen (d_i) bestimmt ist,
 - wobei die Auswertungseinrichtung (4) die Einzelbewertungen (d_i) anhand des Betrages der Differenz eines jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f) am Ort dieses
 - 20 Messdatums (y_i) ermittelt,
 - wobei die jeweilige Einzelbewertung (d_i) zwar mit dem Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f) am Ort dieses Messdatums (y_i) ansteigt, aber weniger als quadratisch ansteigt.
- 25 2. Auswertungsverfahren nach Anspruch 1,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass die jeweilige Einzelbewertung (d_i) zumindest in etwa linear und vorzugsweise exakt linear mit dem Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f) am Ort dieses Messdatums (y_i) ansteigt.
- 30 3. Auswertungsverfahren nach Anspruch 1,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass die Auswertungseinrichtung (4) zum Festlegen der Parameter (a) in einer Anzahl von Iterationen
 - 35 - für die jeweilige Iteration
 - jeweils eine Summe von für die jeweilige Iteration gültigen Einzelbewertungen (d_i) ermittelt und für die jeweilige Iteration gültige Parameter (a) festlegt, so dass eine Abweichung der Funktion (f), wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter (a) bestimmt ist, von den Messdaten (y_i) gemäß dem Beurteilungsmaß ein Minimum an-
 - 40 nimmt,

- die für die jeweilige Iteration gültigen Einzelbewertungen (d_i) durch Wichtung des Quadrates der Differenz des jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f), wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter (a) bestimmt ist, am Ort (x_i) dieses Messdatums (y_i) mit einem für das jeweilige Messdatum (y_i) und die jeweilige Iteration individuellen Wichtungsfaktor (g_i) ermittelt und
- 5 - entweder die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter (a) als endgültig festgelegte Parameter (a) übernimmt oder für die Messdaten (y_i) anhand des Betrages der Differenz des jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f), wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter (a) bestimmt ist, den Wichtungsfaktor (g_i) für das jeweilige
- 10 Messdatum (y_i) für die nächste Iteration ermittelt.

4. Auswertungsverfahren nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der jeweilige Wichtungsfaktor (g_i) für das jeweilige Messdatum (y_i) für die nächste Iteration

- 15 - mit dem Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f), wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter (a) bestimmt ist, streng monoton fällt, wenn der Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f), wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter (a) bestimmt ist, zwischen einem Minimalwert (δ_0) und einem Maximalwert liegt,
- 20 - mit dem Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f), wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter (a) bestimmt ist, monoton oder streng monoton fällt, wenn der Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f), wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter (a) bestimmt ist, unterhalb des Minimalwertes (δ_0) liegt, und
- 25 - mit dem Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f), wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter (a) bestimmt ist, weiterhin streng monoton fällt oder den Wert 0 annimmt, wenn der Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f), wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter (a) bestimmt ist, oberhalb des Maximalwertes liegt.

30

5. Auswertungsverfahren nach Anspruch 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Wichtungsfaktor (g_i) des jeweiligen Messdatums (y_i) für die nächste Iteration zumindest dann, wenn der Betrag der Differenz des jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der

- 35 Funktion (f), wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter (a) bestimmt ist, zwischen dem Minimalwert (δ_0) und dem Maximalwert liegt, zumindest in etwa gleich dem Kehrwert des Betrages der Differenz des jeweiligen Messdatums (y_i) und des Wertes der Funktion (f), wie sie durch die für die jeweilige Iteration gültigen Parameter (a) bestimmt ist, ist.

6. Computerprogramm, das Maschinencode (7) umfasst, der von einer mit einer Erfassungseinrichtung (3) zum Erfassen von Messdaten (yi) eines flachen Walzguts (1), die jeweils einem bestimmten Ort (xi) in Längsrichtung (rL) und/oder Breitenrichtung (rB) und/oder Dickenrichtung (rD) des flachen Walzguts (1) zugeordnet sind, so dass die Messdaten (yi) eine entsprechende orts aufgelöste Verteilung bilden, verbundenen Auswertungseinrichtung (4) abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes (7) durch die Auswertungseinrichtung (4) bewirkt, dass die Auswertungseinrichtung (4) ein Auswertungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche ausführt.
7. Auswertungseinrichtung, wobei die Auswertungseinrichtung eine Schnittstelle (5) zur datentechnischen Verbindung mit einer Erfassungseinrichtung (3) zum Erfassen von Messdaten (yi) eines flachen Walzguts (1), die jeweils einem bestimmten Ort (xi) in Längsrichtung (rL) und/oder Breitenrichtung (rB) und/oder Dickenrichtung (rD) des flachen Walzguts (1) zugeordnet sind, so dass die Messdaten (yi) eine entsprechende orts aufgelöste Verteilung bilden, aufweist, wobei die Auswertungseinrichtung mit einem Computerprogramm (6) nach Anspruch 6 programmiert ist, so dass sie im Betrieb ein Auswertungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 ausführt.
8. Auswertungssystem, das aus einer Erfassungseinrichtung (3) zum Erfassen von Messdaten (yi) eines flachen Walzguts (1), die jeweils einem bestimmten Ort (xi) in Längsrichtung (rL) und/oder Breitenrichtung (rB) und/oder Dickenrichtung (rD) des flachen Walzguts zugeordnet sind, so dass die Messdaten (yi) eine entsprechende orts aufgelöste Verteilung bilden, und einer mit der Erfassungseinrichtung (3) datentechnisch verbundenen Auswertungseinrichtung (4) besteht, wobei die Auswertungseinrichtung (4) nach Anspruch 7 ausgebildet ist, die im Betrieb ein Auswertungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 ausführt.

FIG 1

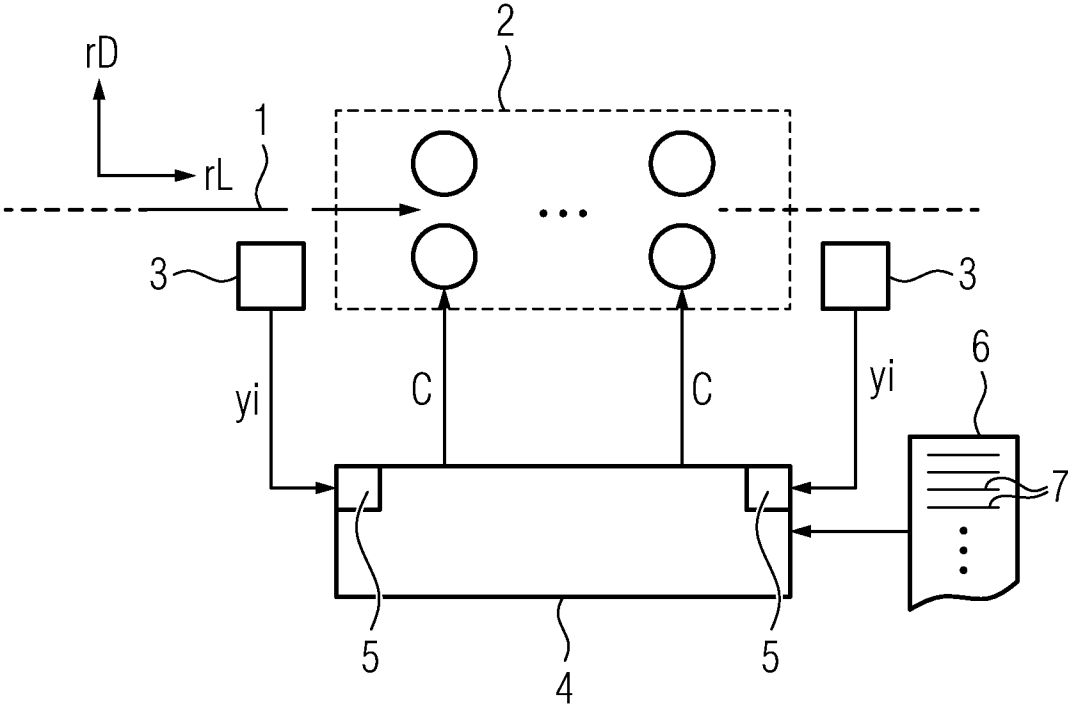


FIG 2

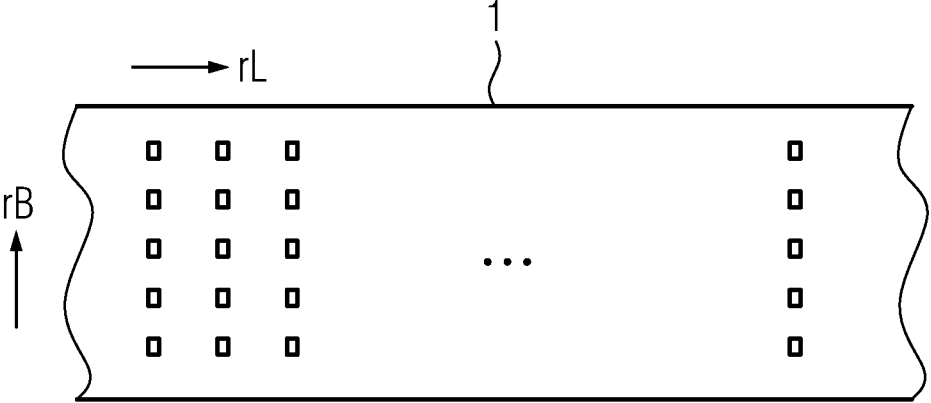


FIG 3

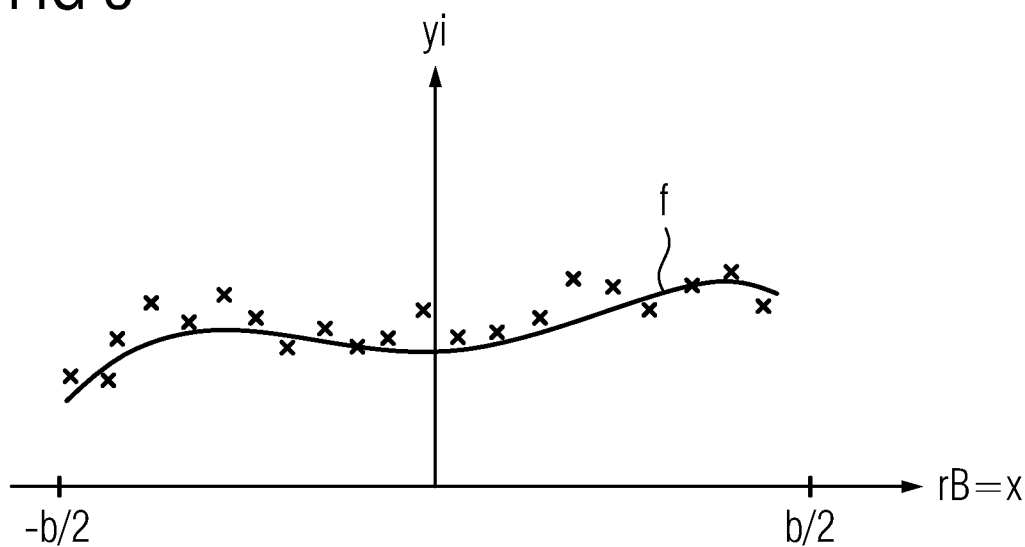


FIG 4

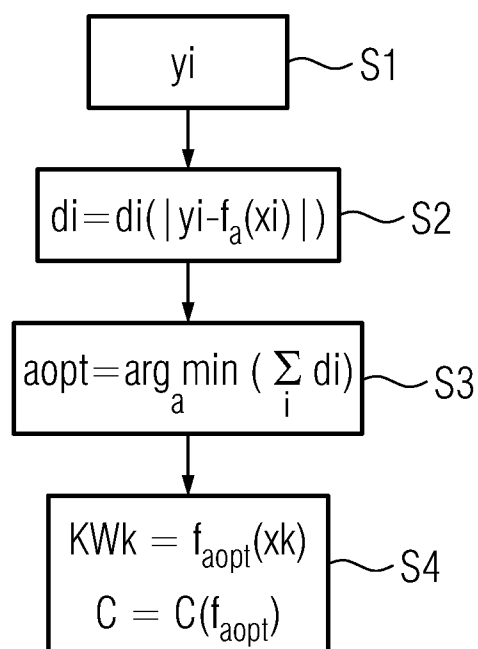


FIG 5

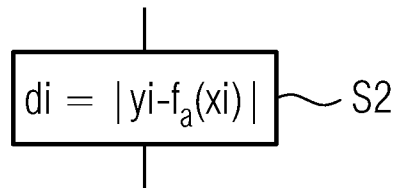


FIG 6

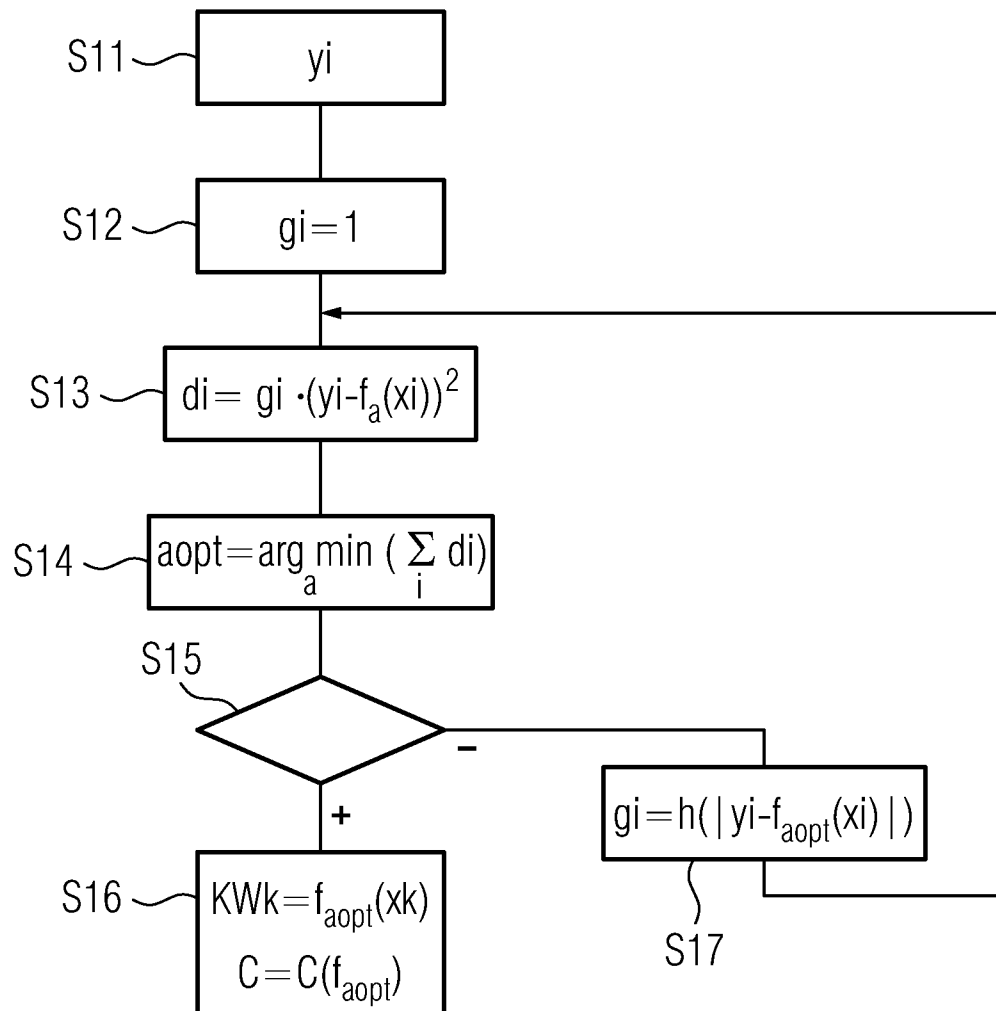


FIG 7

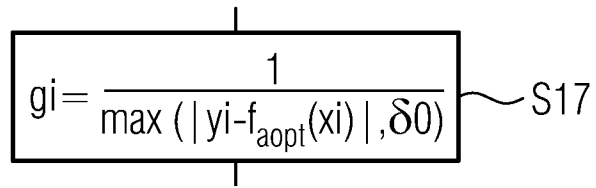

$$g_i = \frac{1}{\max(|y_i - f_{\text{aopt}}(x_i)|, \delta_0)}$$

FIG 8

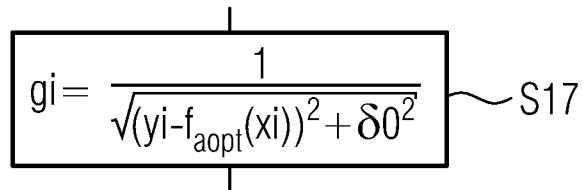

$$g_i = \frac{1}{\sqrt{(y_i - f_{\text{aopt}}(x_i))^2 + \delta_0^2}}$$

FIG 9

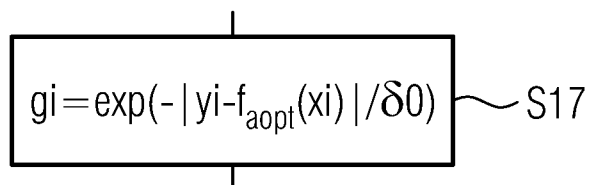
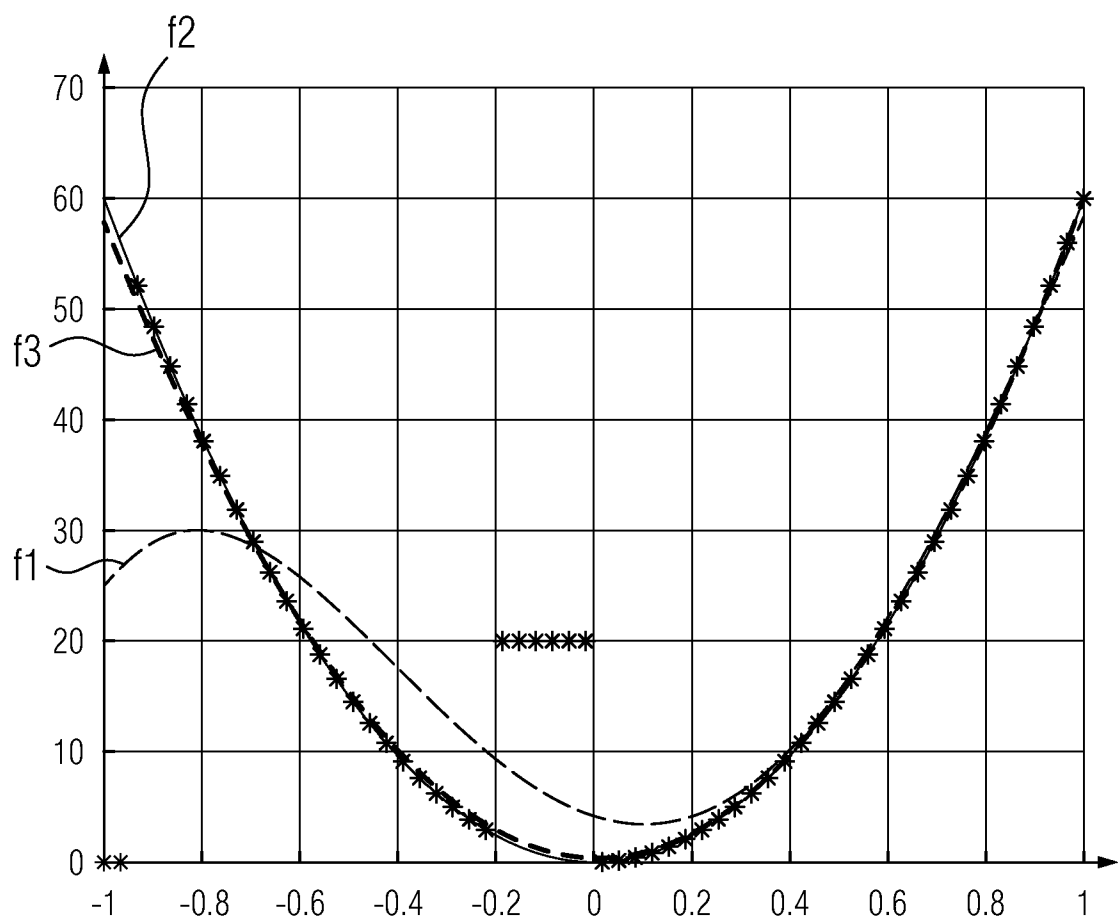

$$g_i = \exp(-|y_i - f_{\text{aopt}}(x_i)| / \delta_0)$$

FIG 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/062767

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01B 21/04 (2006.01)i; B21B 38/00 (2006.01)i; B21B 38/02 (2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01B; G01W; G01K; B21B Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2023041253 A1 (PRIMETALS TECHNOLOGIES GERMANY GMBH [DE]) 23 March 2023 (2023-03-23) claim 1	1-8
A	US 11364526 B2 (PRIMETALS TECHNOLOGIES GERMANY GMBH [DE]) 21 June 2022 (2022-06-21) column 3, line 50 - column 7, line 37	1-8
A	CN 101609002 A (ENN SOLAR ENERGY CO LTD [CN]) 23 December 2009 (2009-12-23) step 4 of the method in the translation	1-8
A	JP 2010008265 A (PANASONIC CORP) 14 January 2010 (2010-01-14) paragraph [0043]	1-8
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 08 July 2024		Date of mailing of the international search report 18 July 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Malcoci, Andrei Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2024/062767

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2023041253	A1	23 March 2023	CN	118076448	A	24 May 2024
				EP	4151325	A1	22 March 2023
				WO	2023041253	A1	23 March 2023
US	11364526	B2	21 June 2022	BR	112020005598	A2	29 September 2020
				CN	111132773	A	08 May 2020
				EP	3461567	A1	03 April 2019
				EP	3691806	A1	12 August 2020
				US	2020246851	A1	06 August 2020
				WO	2019068376	A1	11 April 2019
CN	101609002	A	23 December 2009	NONE			
JP	2010008265	A	14 January 2010	JP	5298664	B2	25 September 2013
				JP	2010008265	A	14 January 2010

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01B21/04 B21B38/00 B21B38/02 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01B G01W G01K B21B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2023/041253 A1 (PRIMETALS TECHNOLOGIES GERMANY GMBH [DE]) 23. März 2023 (2023-03-23) Anspruch 1 -----	1 - 8
A	US 11 364 526 B2 (PRIMETALS TECHNOLOGIES GERMANY GMBH [DE]) 21. Juni 2022 (2022-06-21) Spalte 3, Zeile 50 - Spalte 7, Zeile 37 -----	1 - 8
A	CN 101 609 002 A (ENN SOLAR ENERGY CO LTD [CN]) 23. Dezember 2009 (2009-12-23) Schritt 4 des Verfahrens in der Übersetzung -----	1 - 8
A	JP 2010 008265 A (PANASONIC CORP) 14. Januar 2010 (2010-01-14) Absatz [0043] -----	1 - 8
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 8. Juli 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 18/07/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Malcoci, Andrei

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/062767

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2023041253	A1	23-03-2023	CN	118076448 A	24-05-2024
			EP	4151325 A1	22-03-2023
			WO	2023041253 A1	23-03-2023

US 11364526	B2	21-06-2022	BR	112020005598 A2	29-09-2020
			CN	111132773 A	08-05-2020
			EP	3461567 A1	03-04-2019
			EP	3691806 A1	12-08-2020
			US	2020246851 A1	06-08-2020
			WO	2019068376 A1	11-04-2019

CN 101609002	A	23-12-2009	KEINE		

JP 2010008265	A	14-01-2010	JP	5298664 B2	25-09-2013
			JP	2010008265 A	14-01-2010
