(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 661 108 A2**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **94250285.7**

(51) Int. Cl.[6]: **B07C 5/342**

(22) Anmeldetag: **25.11.94**

(30) Priorität: **28.12.93 DE 4345106**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.07.95 Patentblatt 95/27

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE

(71) Anmelder: **H.F. & Ph.F. Reemtsma GmbH & Co**
Parkstrasse 51
D-22605 Hamburg (DE)
Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.**
Leonrodstrasse 54
D-80636 München (DE)

(72) Erfinder: **Graudejus, Wolfgang, Dr.**
Kreuzdeich 7
D-25489 Haselau (DE)
Erfinder: **Briem, Eberhard**
Holstenstrasse 5
D-25421 Pinneberg (DE)
Erfinder: **Hättich, Wilhelm, Dr.**
Lerchenstrasse 5
D-76185 Karlsruhe (DE)
Erfinder: **Geisselmann, Heribert, Dr.**
Schauinslandweg 13
D-76297 Stutensee (DE)

(74) Vertreter: **UEXKÜLL & STOLBERG**
Patentanwälte
Beselerstrasse 4
D-22607 Hamburg (DE)

(54) Verfahren zum optischen Sortieren von Schüttgut.

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum optischen Sortieren von Schüttgut in einer Farbsortiermaschine, indem dieses über ein Transportband gefördert wird und sich an einem Beobachtungskopf mit einer Lichtquelle und einem in der Nähe der Lichtquelle angeordneten Produktsignalempfänger vorbeibewegt, wobei das reflektierte Licht der Bildpunkte des Prüfgutes durch verschiedene Farbfilter nebeneinanderliegender Nachweiselemente einer Zeile des Empfängers in mehrere Spektralbereiche zerlegt und das Prüfgut aufgrund der Farbwerte (Meßwert der Intensität in der jeweiligen Farbe) sortiert wird. Erfindungsgemäß ist zur Verbesserung der Detektionsrate vorgesehen, daß bei mit Ausschußteilen versetztem Prüfgut jeweils die Farbwerte des Produktes in mehreren ausgewählten Unterbereichen untersucht werden, indem in jedem Unterbereich ein Klassifikator zusammenhängende Flächen von Bildpunkten mit in den jeweiligen Unterbereich fallenden Farbwerten ermittelt und nach vorgegebenen Kriterien aus der Geometrie und der Größe dieser Detektionsflächen eine Klassifizierung durchführt.

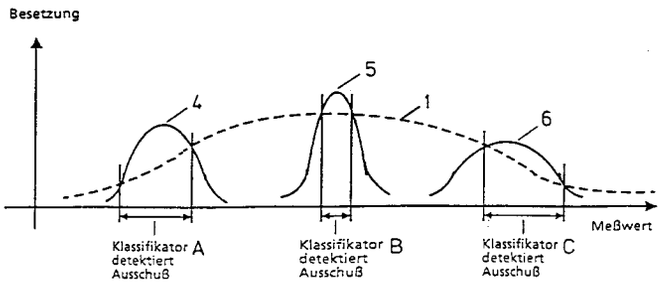


Fig. 2

EP 0 661 108 A2

Die Erfindung betrifft eine Verfahren zum optischen Sortieren von Schüttgut gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Es ist bereits bekannt, daß Prüfgut auf Bändern gefördert und dessen Bild zur Prüfung mit einer Diodenzeilenkamera oder einer Fernsehkamera aufgenommen wird. Die Signalaufnahme erfolgt vorzugsweise im Flug, wenn z.B. das Prüfgut von einem Band auf ein anderes Band übergesetzt wird. Bei der Signalaufnahme im Flug kann das Prüfgut von mehreren Seiten bei definiertem Hintergrund begutachtet werden.

Bei der Bildaufnahme wird bei modernen Anlagen auch die Farbe erfaßt. Dabei wird die Farbe dazu genutzt, auffällige Gebiete im Bild zu detektieren.

Das Bild des Prüfgutes wird schritthaltend mit der Bildabtastung ausgewertet, so daß unmittelbar nach Durchlauf eines Prüfteils durch die Meßstation dieses klassifiziert werden kann. Damit ist eine Ausschleusung der Teile im Flug mittels Klappen oder Luftdüsen möglich.

Ein Nachteil der bekannten Verfahren besteht darin, daß die Detektionsrate bei farblich heterogenen Produkten gering ist, wenn man sich bei der Detektion auffälliger Bildpunkte auf die Detektion von Farbwerten beschränkt, die nicht im Produkt enthalten sind, weil sehr viele unterschiedliche Farbwerte im Produkt vorkommen. Erweitert man die Detektion auf Farbwerte, die auch im Produkt enthalten sind, wird im allgemeinen schon bei Erweiterungen auf selten im Produkt vorkommende Farben ein unerträglich hoher Anteil des fehlerfreien Produktes als Ausschuß detektiert.

Es ist Aufgabe der Erfindung, das Verfahren zum optischen Sortieren von Schüttgut dahingehend zu verbessern, daß bei farblich heterogenem Schüttgut zu detektierende Fremdkörper mit einer sehr geringen Fehlerquote erkannt werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe dient das Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Bei der Bildaufnahme wird das Licht jedes Bildpunktes durch Farbfilter vor den Nachweis-Elementen einer Zeile z.B. in die drei Farbkomponenten rot (R), grün (G) und blau (B) zerlegt. Dadurch wird erreicht, daß eine Detektion auffälliger Bildpunkte (Punkte mit Farbwerten, die selten im fehlerfreien Produkt vorkommen) durch Auswertung der von den Zeilenelementen gemessenen Farbwerte (Intensitäten der jeweiligen Farbkomponenten) möglich ist. Anschließend wird eine Auswertung der Geometrie in Hinblick auf lokale Anhäufungen von auffälligen Bildpunkten durchgeführt.

Zunächst wird die gesamte Bandbreite der möglichen Farbwerte im Farbraum in mehrere Unterbereiche unterteilt, wobei der Farbraum durch die verschiedenen Farbkomponenten aufgespannt wird, die für jeden Bildpunkt gemessen werden. Beispielsweise wird durch die drei Farbkomponenten rot, grün und blau ein dreidimensionaler Farbraum gebildet. Klassifikatoren, d.h. Mittel zum Auswerten der Meßwerte aufgrund vorgegebener Kriterien, erlauben eine Klassifizierung der gemessenen Farbwerte, wobei sich ein Klassifikator nur auf einen Unterbereich konzentriert und dabei in diesem Unterbereich bei dem farblich heterogenen Produkt Detektionsflächen erkennt, also zusammenhängende Flächen von auffälligen Bildpunkten.

Liegen die Farbwerte eines farblich homogenen Ausschußteils bevorzugt in dem ausgewählten Unterbereich, wird das Ausschußteil als relativ großflächiges Gebiet von Bildpunkten der Farbwerte des ausgewählten Unterbereichs detektiert und kann durch Auswertung dieser Detektionsfläche vom Klassifikator erkannt werden. Andererseits werden bei dem fehlerfreien Produkt innerhalb eines solchen Unterbereiches im allgemeinen nur in seltenen Fällen großflächige Gebiete von auffälligen Bildpunkten gefunden, und damit bleibt die Zahl der Fehldetektionen gering. Diese Verbesserung in der Klassifikation nutzt man in der praktischen Anwendung dadurch, daß der Ausschuß in typische Klassen unterteilt und für jede Klasse ein Klassifikator eingerichtet wird, wobei die Klassifikatoren bei der Prüfung parallel arbeiten.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird in den Unterbereichen, in denen Ausschußteile vermutet werden, durch Vorzeigen von Ausschußteilen die Verteilung derer Farbwerte gelernt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert:

- Fig. 1 zeigt beispielhaft eine eindimensionale Farbwertverteilung mit den Bereichen für gutes Prüfgut.
- Fig. 2 zeigt ein eindimensionales Beispiel zur Klassifizierung mit parallelen Klassifikatoren bei der Erkennung von Ausschuß, dessen Farbwerte sich mit den Farbwerten des Produktes überlappen.
- Fig. 3 zeigt ein eindimensionales Beispiel zur Korrektur eines Klassifikators durch das Nachlernen.
- Fig. 4 zeigt ein Beispiel für die Farbverfälschung an Objektkanten bei Verwendung einer Kamera mit Bildpunkten, bei denen die Farbsensoren nebeneinander liegen.

In einer Farbsortiermaschine bewegt sich das Schüttgut bevorzugt im Flug an einem Beobachtungskopf mit einer Lichtquelle und einem in der Nähe der Lichtquelle angeordneten Produktsignalempfänger vorbei. Das reflektierte Licht jedes Bildpunktes des Prüfgutes wird durch verschiedene Farbfilter nebeneinanderliegender Zeilenelemente

einer Kamerazeile, z.B. einer CCD-Zeile, des Empfängers in die drei Farben rot (R), grün (G) und blau (B) zerlegt. Die Zeilenelemente messen somit in ihren jeweiligen Spektralbereichen die Helligkeiten der Bildpunkte, auch Farbwerte genannt. Somit ergibt sich eine dreidimensionale Verteilung von Farbwerten, deren Auswertung im folgenden anhand von eindimensionalen Beispielen diskutiert wird.

Bezogen auf Fig. 1 wird in einem Vorlernprozeß das Prüfgut ohne Ausschußteile vermessen und die Häufigkeitsverteilung 1 der Farbwerte ermittelt.

In einem Nachlernprozeß wird ebenfalls das Prüfgut ohne Ausschußteile vermessen und in einem ersten Schritt ein Farbwertbereich für gutes Prüfgut festgelegt, indem eine erfahrungsgemäße Schwelle 2 über die Häufigkeitsverteilung 1 der Farbwerte gelegt wird, wobei sich aus den Schnittpunkten zwischen der Schwelle 2 und der Kurve der Häufigkeitsverteilung 1 die Grenzen des Prüfgutfarbwertbereiches ergeben.

Bei der gewählten Einstellung von Schwelle 2 werden auch beim fehlerfreien Prüfgut Bildpunkte vorkommen, die als auffällig eingestuft werden. Diese Bildpunkte würden aber, wenn sie sich zu großflächigen Gebieten zusammenballen, irrtümlich als Ausschuß klassifiziert. Die Erfahrung zeigt nun, daß eine solche Ballung wiederum bevorzugt in gewissen Farbwertbereichen vorkommt. Um diese Farbwertbereiche zu messen, werden in dem Nachlernprozeß ein im fehlerfreien Prüfgut detektiertes großflächiges Gebiet abgespeichert und die Verteilung dessen Farbwerte gemessen. Diese Verteilung wird nach einer Normierung als Schwelle 3 eingeführt. Alle Farbwerte, bei denen die Schwelle 3 die Farbwertverteilung 1 der Prüfgutteile übersteigt, d.h. die Farbwerte in dem Intervall zwischen den Schnittpunkten der Schwelle 3 mit der Kurve der Farbwertverteilung 1, werden als dem Prüfgut zugehörig interpretiert und führen damit nicht zu einer Fehlerdetektion.

Bei der Messung von mit Ausschußteilen versetztem Prüfgut werden die Farbwertbereiche des Produktes in Unterbereiche eingeteilt. Bezogen auf Fig. 2 konzentriert sich bei diesem Beispiel jeder der parallel arbeitenden Klassifikatoren A, B und C nur auf einen Unterbereich. Liegen die Farbanteile des farblich homogenen Ausschußteils bevorzugt in dem ausgewählten Unterbereich, wird das Ausschußteil als relativ großflächiges Gebiet detektiert und kann durch Auswertung der Detektionsflächen erkannt werden. Auch hier werden die Verteilungen der Farbwerte dieser großflächigen Gebiete gemessen und nach ihrer Normierung als Schwellen eingeführt. Alle Farbwerte, bei denen diese Schwellen 4, 5 und 6 die Farbwertverteilung 1 der Prüfgutteile übersteigen, werden als Ausschuß interpretiert und führen zu einer Fehlerdetektion.

Es ist ebenfalls möglich, daß bei einem fehlerfreien Produkt großflächige Detektionsgebiete in einem durch einen Klassifikator abgedeckten Farbwertbereich detektiert werden und somit das fehlerfreie Produkt als Ausschuß klassifiziert wird. In einem weiteren Nachlernprozeß werden speziell diese Farbwerte, die zu großflächigen Detektionsgebieten im fehlerfreien Produktbereich führen, gelernt und durch Veränderung der Schwellen als gutes Prüfgut erkannt. Bezogen auf Fig. 3 zeigt die Schwelle 8 die Farbwertverteilung eines Ausschußteils. Innerhalb des durch die Schwelle 8 bestimmten Farbwertbereiches wird fehlerfreies Prüfgut als Ausschuß klassifiziert. Durch den Nachlernprozeß wird die Farbwertverteilung dieses großflächigen Detektionsgebietes im fehlerfreien Prüfgut gemessen und nach einer Normierung als Schwelle 7 eingeführt. Alle Farbwerte, bei denen die Schwelle 7 die Schwelle 8 des Ausschußteils übersteigt, werden als dem Prüfgut zugehörig interpretiert und führen damit nicht zu einer Fehlerdetektion.

Nach dem Lernen wird zur automatischen Prüfung des Produktes übergegangen.

Bei der Prüfung, die sich über Tage hinziehen kann, ist mit systematischen driftartigen Veränderungen des Produktes zu rechnen. Diese Änderungen führen zu einer mit der Zeit nachlassenden Systemleistung. Um dies zu vermeiden, wird das Klassifikationssystem verdoppelt. Ein System übernimmt die Prüfaufgabe, während das andere System die aktuelle Farbwertverteilung des Produktes mißt. Die Messung der aktuellen Farbwertverteilung wird durch den prüfenden Klassifikator überwacht, damit bei dieser Messung keine Farbwerte des Ausschusses erfaßt werden. Nach Erfassung einer repräsentativen Zahl von Meßwerten wird der lernende Klassifikator mit der neu gemessenen Verteilung für die Prüfaufgabe aktiviert, während der bis jetzt auf Prüfen eingestellte Klassifikator die Lernaufgabe übernimmt.

Diese Anpassung ist nur möglich, wenn ein detektierter, als auffällig eingestufter Farbpunkt nicht in jedem Fall zu einer Ausschußentscheidung führt. Würde ein detektierter Farbpunkt immer zu einer Ausschußentscheidung führen, könnte der lernende Klassifikator keine neuen Farbwerte übernehmen, da bei einer Ausschußentscheidung die neu gelernte Farbwertverteilung verworfen wird. Da bei dem System aber detektierte Farbpunkte nur dann als Ausschuß klassifiziert werden, wenn sie eine größere zusammenhängende Fläche bilden, kann die gemessene Häufigkeit auch bei detektierten Farbwerten angepaßt werden. Umgekehrt kann das System mit dieser Anpassung zum Ausschuß gehörende Farbwerte detektieren, die bei einer früheren Messung in der Farbwertverteilung des Produktes vertreten waren und bei der aktuell gemes-

senen Verteilung nicht mehr enthalten sind.

Bei der Signalaufnahme wird das Prüfgut beispielsweise von zwei Lampen aus Richtung der Zeilenkamera beleuchtet. Zwischen den beiden Lampen liegt die optische Achse der Zeilenkamera. Bei dieser Anordnung kommt der Gestaltung des Hintergrundes eine wesentliche Bedeutung zu, weil der Hintergrund die Farbwertverteilung des fehlerfreien Produktes möglichst nicht erweitern sollte. Eine Erweiterung würde die Detektionsleistung senken.

Diese Forderung läßt sich nicht verwirklichen, wenn das Prüfgut auf dem Transportband liegend aufgenommen wird. Wegen Verschmutzung und Abnutzung hat das Band keine einheitliche Farbe. Zusätzlich bilden sich Schatten auf dem Transportband aus, was insgesamt zu einer wesentlichen Erweiterung der Farbwertverteilung beim Messen des fehlerfreien Prüfgutes führt. Aus diesem Grund wird das Prüfgut im Flug beobachtet.

In einer ersten Ausführungsvariante hat der Hintergrund die Farbe des Prüfgutes, was den Vorteil hat, daß der Kontrast zwischen Hintergrund und Prüfgut gering ist und daher die Farbwertverteilung des Prüfgutes durch Randeffekte am Übergang vom Hintergrund zu Prüfgut nicht wesentlich erweitert wird. Diese Ausführungsvariante liefert hinsichtlich Farb- und Ortsauflösung die besten Ergebnisse.

Der Nachteil der Verschmutzung wird vermieden, indem der Hintergrund als rotierende Rolle ausgeführt wird, welche Ablagerungen sofort wegschleudert. Der Schatten des Prüfgutes auf dem Hintergrund wird diffus und je nach Schüttungsdichte unschädlich, wenn die rotierende Rolle in einem angepaßten Abstand zum Prüfgut installiert wird. Bei großer Schüttungdichte des Prüfgutes wird eine zu starke Abdunkelung des Hintergrundes durch eine zusätzliche Beleuchtung des Hintergrundes vermieden. Alternativ kann der Hintergrund ein zylindrischer Strahler sein, der in der Farbe des Prüfgutes strahlt und von einer transparenten rotierenden Rolle umgeben ist, welche die Ablagerungen wegschleudert.

In einer zweiten Ausführungsvariante ist der Hintergrund ein dunkles Loch, was den Vorteil hat, daß sich das Prüfgut vom Hintergrund segmentieren läßt und keine Beinträchtigung durch Verschmutzung und Schattenbildung entsteht. Bei einer Segmentierung des Prüfgutes kann zum Beispiel die Form zur Trennung von Gutteilen und Ausschuß genutzt werden.

Zur Realisierung des dunklen Loches wird ein möglichst großer Behälter mit reflektionsarmen Wandungen gebaut. Die Zeilenkamera blickt durch einen Schlitz in diesen Behälter. Der Schlitz ist hinsichtlich seiner Breite an Blende und Brennweite des Kameraobjektivs sowie an den Abstand zur Schärfeebene angepaßt.

Bei der Bildaufnahme wird das Licht jedes Bildpunktes in die drei Farben rot (R), grün (G) und blau (B) zerlegt. Abhängig von dem gewählten Abtastprinzip und der Justage der Kamera werden die Farbkomponenten nicht idealerweise am gleichen Ort, sondern ortsversetzt gemessen. Bei gängigen Farbkameras liegen die Farbsensoren sogar örtlich nebeneinander, so daß die Farbsensoren hinsichtlich eines Bildpunktes unterschiedliche Ortsbereiche des Meßobjektes sehen. Bezogen auf Fig. 4 sind die Farbsensoren (R, G, B) waagerecht angeordnet, während sich das Meßobjekt von oben nach unten an dieser waagerechten Zeile vorbeibewegt. Der Hintergrund erzeugt in diesem Beispiel bei den jeweiligen Farbsensoren die Signalpegel R = 0, G = 0 und B = 0, während das Meßobjekt die Signalpegel R = 100, G = 50 und B = 20 bewirkt. In Fig. 4 mißt hier nur das Sensor-Tripel Xn, Yn die richtige Farbe des Meßobjektes. Bei allen anderen Tripeln werden Farbwerte gemessen, die mindestens einen Farbwert enthalten, der dunkler als der entsprechende Farbwert des Prüfgutes ist. So mißt zum Beispiel das Tripel Xn, Yn-1 die Pegel R = 50, G = 25 und B = 10. Um diese Störungen zu vermeiden, werden Bildpunkte, deren Farbwerte um einen einstellbaren Faktor dunkler als die des entsprechenden Nachbarpunktes sind, unterdrückt, indem die Signalpegel gespeichert werden und ein Vergleich der horizontalen und vertikalen Nachbarpunkte durchgeführt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum optischen Sortieren von mit Ausschußteilen versetztem Schüttgut, wie Agrarprodukten, Arzneimittel, Erzen, etc. in einer Farbsortiermaschine, indem dieses über ein Transportband gefördert wird und sich an einem Beobachtungskopf mit einer Lichtquelle und einem in der Nähe der Lichtquelle angeordneten Produktsignalempfänger vorbeibewegt, wobei das reflektierte Licht der Bildpunkte des Prüfgutes durch verschiedene Farbfilter nebeneinanderliegender Nachweiselemente einer Zeile des Empfängers in mehrere Farbkomponenten zerlegt und das Prüfgut aufgrund der den gemessenen Intensitäten der jeweiligen Farbkomponenten entsprechenden Farbwerte sortiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeweils die Farbwerte des Produktes in mehreren ausgewählten Unterbereichen des Farbraums untersucht werden, indem in jedem Unterbereich ein Klassifikator zusammenhängende Flächen von Bildpunkten mit in den jeweiligen Unterbereich fallenden Farbwerten ermittelt und nach vorgegebenen Kriterien aus der Geometrie und der Größe dieser Detek-

tionsflächen eine Klassifizierung durchführt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
   - daß in einem Vorlernprozeß das Prüfgut ohne Ausschußteile vermessen und dessen Farbwert-Häufigkeitsverteilung abhängig von der Farbe ermittelt wird;
   - daß in einem Nachlernprozeß in einem ersten Schritt bei Verwendung von Prüfgut ohne Ausschußteile ein Farbwertbereich für gutes Prüfgut festgelegt wird, indem jeweils eine erfahrungsgemäße Schwelle über die Häufigkeitsverteilung der Farbwerte gelegt wird, wobei sich aus den Schnittpunkten zwischen der Schwelle und der Kurve der Häufigkeitsverteilung die Grenzen des Prüfgutfarbwertbereiches ergeben;
   - daß in dem Nachlernprozeß bei Verwendung von Prüfgut ohne Ausschußteile farbabhängig fremdkörperverdächtige Meßwerte, die nach den Grenzen des Prüfgutfarbwertbereiches des ersten Schrittes des Nachlernprozesses irrtümlich als Ausschuß klassifiziert würden, ermittelt werden und die Größe der örtlichen Ballung dieser Meßwerte bestimmt wird; und
   - daß in dem Nachlernprozeß bei Verwendung von Prüfgut ohne Ausschußteile bei Überschreiten einer vorgegebenen Größe dieser örtlichen Ballung von fremdkörperverdächtigen Meßwerten die Schwellenwertentscheidung des ersten Schrittes des Nachlernprozesses farbabhängig so geändert wird, daß für diese Meßwerte auf gutes Prüfgut entschieden wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Prüfung des mit Ausschußteilen versetzten Prüfgutes die parallel arbeitenden Klassifikatoren nur Unterbereiche des Farbraums analysieren, in denen Ausschußteile vermutet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß in den Unterbereichen des Farbraums, in denen Ausschußteile vermutet werden, durch Vorzeigen von Ausschußteilen deren Farbwertverteilung gelernt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Prüfung des mit Ausschußteilen versetzten Prüfgutes mit einem ersten Klassifikationssystem erfolgt, während die aktuelle Häufigkeitsverteilung der Farbwerte des Prüfgutes zur Anpassung an systematische driftartige Änderungen des Prüfgutes mit einem zweiten Klassifikationssystem gemessen wird, wobei die Messung vom prüfenden ersten Klassifikator überwacht wird, damit bei der Messung keine Ausschußwerte erfaßt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich beide Klassifikationssysteme in ihrer Funktion abwechseln.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch Vergleich von Farbsignalen benachbarter Bildpunkte große Gradienten und diese im allgemeinen gestörten Farbwerte bei der Messung nicht berücksichtigt werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Sortieren des Gutes im Flug erfolgt, wenn das Gut beispielsweise von einem Band auf ein anderes Band übersetzt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Meßhintergrund ein dunkles Loch ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Meßhintergrund als zylindrischer Strahler mit einer den Strahler umgebenden, rotierenden transparenten Rolle ausgeführt ist, wobei der Strahler Licht in einer dem Prüfgut angeglichenen Farbe aussendet.

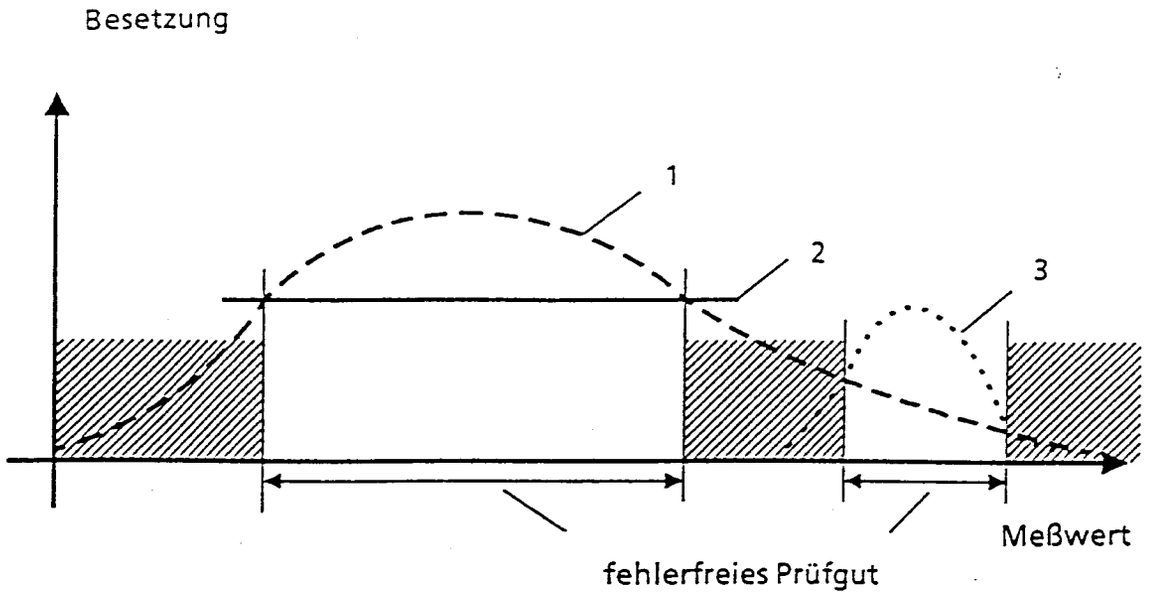

Besetzung
1
2
3
Meßwert
fehlerfreies Prüfgut

Fig. 1

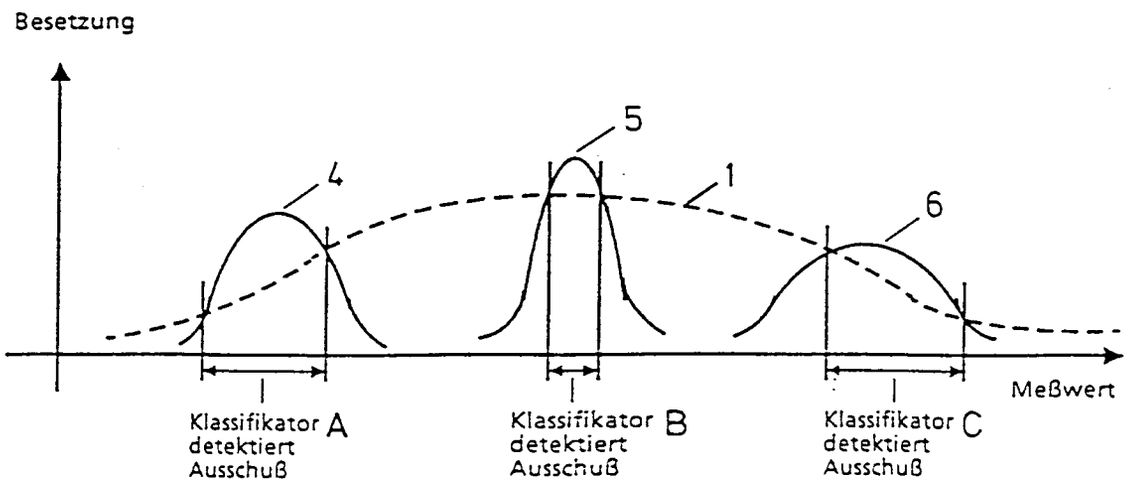

Besetzung
5
4
1
6
Meßwert
Klassifikator A detektiert Ausschuß
Klassifikator B detektiert Ausschuß
Klassifikator C detektiert Ausschuß

Fig. 2

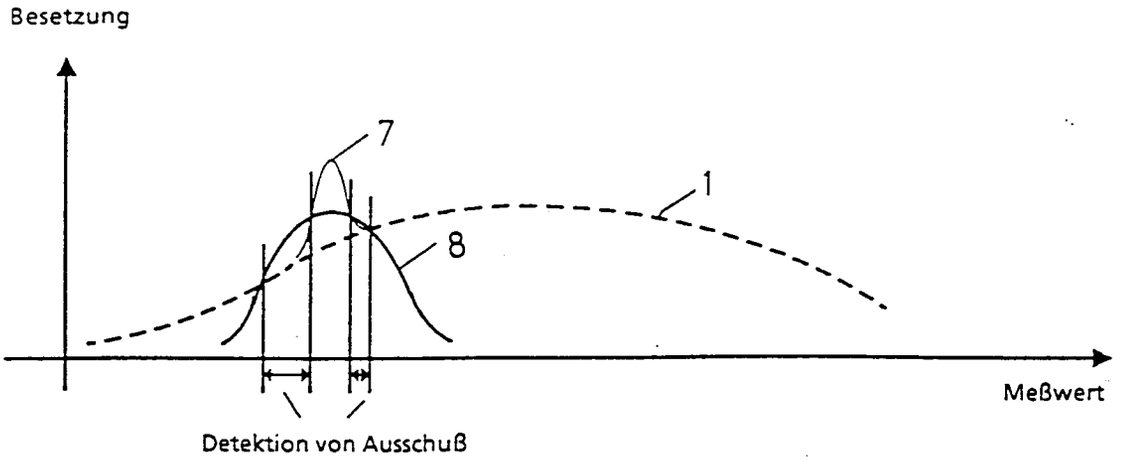

Besetzung
7
1
8
Meßwert
Detektion von Ausschuß

Fig. 3

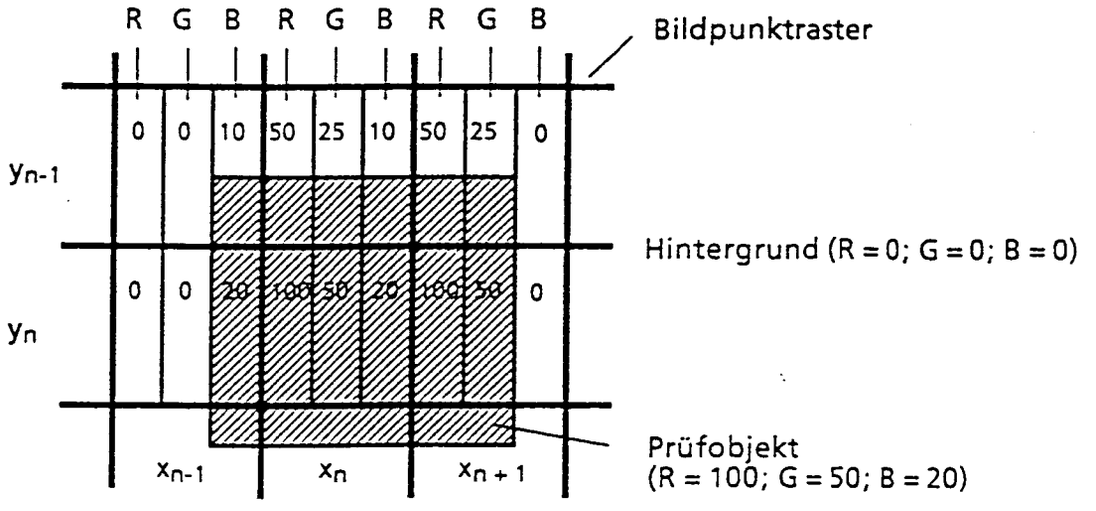

R G B R G B R G B
Bildpunktraster
0 0 10 50 25 10 50 25 0
yn-1
Hintergrund (R = 0; G = 0; B = 0)
0 0 20 100 50 20 100 50 0
yn
Prüfobjekt
(R = 100; G = 50; B = 20)
xn-1
xn
xn + 1

Fig. 4