



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 24 339 T2 2007.06.06**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 156 446 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G06K 9/62 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 24 339.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 111 771.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **15.05.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.11.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **08.11.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.06.2007**

(30) Unionspriorität:  
**571240            16.05.2000    US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, CH, DE, ES, FR, GB, LI**

(73) Patentinhaber:  
**Siemens AG, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Maetschke, Stefan, 90518 Unterrieden, DE**

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur Klassifikationseignungsbeurteilung von Merkmalen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein das Gebiet der Signalverarbeitung und insbesondere die Signalverarbeitung eines charakteristischen Signals eines Subjekts.

**[0002]** Bei der industriellen Automatisierung wird Signalverarbeitung benutzt, um ein hergestelltes oder verarbeitetes Objekt auf der Basis eines Merkmals des Objekts zu klassifizieren. Zum Beispiel könnte ein Apfel durch einen zum Messen des Gewichts des Apfels konfigurierten Gewichtssensor klassifiziert werden. Wenn das Gewicht größer als ein vorbestimmtes Gewicht ist, wird der Apfel als "gut" identifiziert, und andernfalls wird der Apfel als "schlecht" identifiziert.

**[0003]** Das Objekt kann jedoch auch durch andere Signale klassifiziert werden. Zum Beispiel könnte der Apfel auch durch Beschaffen eines Farbdigitalbildes des Apfels klassifiziert werden. Wenn der Apfel dunkler als eine vorbestimmte Graustufe ist oder dem Apfel ausreichende rote Farbe fehlt, wird der Apfel als "schlecht" identifiziert. Das Problem besteht darin, zu bestimmen, welches Merkmal (z. B. Gewicht, Farbe, Graustufe usw.) das Objekt am besten in die gewünschten Klassifizierungen klassifiziert, sodass während der Produktion das beste Merkmal zur automatischen Klassifizierung von Objekten verwendet werden kann.

**[0004]** Aus US-4658429 ist ein System und ein Verfahren zum Erstellen eines Erkennungswörterbuchs bekannt. Zur Erstellung eines Baumstruktur-Erkennungswörterbuchs sollte eine Merkmalsmenge an jedem Knoten des Baums das Merkmal sein, das die größte diskrete Verteilungsnummer ergibt. Elemente eines Objekts werden in Kategorien klassifiziert oder unterteilt, wohingegen diese Klassifizierung beeinflusst wird, wenn der Abstand zwischen Verteilungen für ein bestimmtes Merkmal größer als ein vorbestimmter Wert ist.

**[0005]** Es wurde ein Standardverfahren zur Auswertung der Klassifizierung von Objekten implementiert, das eine Bimodalverteilung des gemessenen Merkmals voraussetzt, wobei die Verteilungen als Gaußsch angenommen werden. Zum Beispiel erzeugt mit Bezug auf [Fig. 1](#) dieses Standardverfahren ein Histogramm **10** der Häufigkeit des Auftretens verschiedener Werte des Merkmals. Die x-Achse repräsentiert die Werte des Merkmals (z. B. Gewicht, Farbe usw.), und die y-Achse repräsentiert die Häufigkeit von Objekten mit diesem Merkmal. Ein erster Modus **12** umfasst Objekte in einer ersten Klasse (z. B. "schlechte" Objekte) und ein zweiter Modus **14** umfasst Objekte in einer zweiten Klasse (z. B. "gute" Objekte). Gemäß diesem Verfahren werden die Mittelwerte **17**, **18** jedes Modus identifiziert, die Varianzen

der Mittelwerte **17**, **18** werden bestimmt und der Abstand **19** zwischen Mittelwerten **17** und **18** wird bestimmt. Je kleiner die Varianzen und je größer das Intervall zwischen den Mittelwerten **17**, **18** ist, desto größer ist die Qualität des Merkmals für die Klassifizierung dieses Objekts.

**[0006]** Ein Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass Charakteristik-Verteilungen häufig weder bimodal noch Gaußsch sind und somit durch dieses vorbekannte Verfahren falsch ausgewertet werden. Mit Bezug auf [Fig. 2](#) ist eine Häufigkeitsverteilung **20** eines anderen Merkmals gezeigt, wobei der Modus **22** nicht Gaußsch ist. Ferner umfasst Modus **22** Objekte in einer ersten Klasse, Modus **24** umfasst Objekte in einer zweiten Klasse und Modus **26** umfasst zusätzliche Objekte in der ersten Klasse. Ein Beispiel für eine solche Verteilung wäre ein solches, bei dem das Merkmal die Länge eines Holzdübels ist, wobei "gute" Dübel eine Länge innerhalb einer bestimmten Toleranz aufweisen müssen. "Schlechte" Dübel sind also länger (Modus **26**) und kürzer (Modus **22**) als "gute" Dübel (Modus **24**). Vorbekanntes Verfahren werten die Eignung dieses Merkmals für Klassifizierungszwecke nicht angemessen aus, da die Verteilung von [Fig. 2](#) nicht Gaußsch und nicht bimodal ist.

**[0007]** Folglich werden ein System und ein Verfahren zur Klassifikationseignungsbeurteilung von Merkmalen benötigt. Ferner werden ein solches System und ein solches Verfahren benötigt, das auf nicht-Gaußsche Verteilungen anwendbar ist. Weiterhin werden ein solches System und ein Verfahren benötigt, das auf nichtbimodale Verteilungen anwendbar ist. Außerdem werden ein solches System und Verfahren benötigt, das robust gegenüber Rauschen ist.

**[0008]** Gemäß einer beispielhaften Ausführungsform wird ein Verfahren zur Beurteilung eines Merkmals in Bezug auf Eignung bei der Klassifikation von Subjekten auf der Basis von Subjektdateien bereitgestellt. Die Subjektdateien umfassen Merkmalsdaten und Klassendaten. Das Verfahren umfasst das Anordnen der Subjektdateien auf einer Achse auf der Basis der Werte der Merkmalsdaten und das Identifizieren der Anzahl von Klassenänderungen von einer Klasse zu einer anderen Klasse in den angeordneten Subjektdateien. Die Anzahl der Klassenänderungen repräsentiert die Eignung des Merkmals für die Klassifikation der Subjekte.

**[0009]** Gemäß einer alternativen Ausführungsform wird ein Verfahren zur Beurteilung eines Merkmals in Bezug auf Eignung bei der Klassifikation von Subjekten auf der Basis von Subjektdateien bereitgestellt. Die Subjektdateien umfassen Merkmalsdaten und Klassendaten. Das Verfahren umfasst das Anordnen der Subjektdateien auf einer Achse auf der Basis der Werte der Merkmalsdaten, das Identifizieren aufeinander-

folgender Subjektdaten, die eine Klassenänderung aufweisen, und das Messen des Intervalls zwischen den zwei aufeinanderfolgenden Subjektdaten. Das Intervall zwischen Klassenänderungen repräsentiert die Eignung des Merkmals für die Klassifikation des Subjekts.

**[0010]** Gemäß einer weiteren alternativen Ausführungsform wird ein System zur Beurteilung eines Merkmals in Bezug auf Eignung bei der Klassifikation von Subjekten bereitgestellt. Das System umfasst Messmittel zum Beschaffen von Merkmaldaten von mehreren Subjekten und Klassifikationsmittel zum Klassifizieren jedes Subjekts mit einer ersten Klasse oder einer zweiten Klasse. Das System umfasst ferner Mittel zum Anordnen der Subjektdaten auf einer Achse auf der Basis der Werte der Merkmaldaten und zum Identifizieren der Anzahl der Klassenänderungen von einer Klasse zu einer anderen Klasse in den angeordneten Subjektdaten. Die Anzahl der Klassenänderungen repräsentiert die Eignung des Merkmals für die Klassifikation der Subjekte.

**[0011]** Die Erfindung wird aus der folgenden ausführlichen Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen, in denen gleiche Bezugszahlen auf gleiche Elemente verweisen, besser verständlich. Es zeigen:

**[0012]** Fig. 1 ein Histogramm einer bimodalen, Gaußschen Häufigkeitsverteilung eines Merkmals;

**[0013]** Fig. 2 ein Histogramm einer nichtbimodalen, nicht-Gaußschen Häufigkeitsverteilung eines Merkmals;

**[0014]** Fig. 3 ein Blockschaltbild eines Systems zur Beurteilung eines Merkmals in Bezug auf Eignung bei der Klassifikation von Objekten gemäß einer beispielhaften Ausführungsform;

**[0015]** Fig. 4 ein Flußdiagramm von Schritten in einem Verfahren gemäß einer beispielhaften Ausführungsform;

**[0016]** Fig. 5 einen Zahlenstrahl gemäß einer beispielhaften Ausführungsform;

**[0017]** Fig. 6 einen Zahlenstrahl, der ein für die Klassifikation relativ gutes Merkmal darstellt;

**[0018]** Fig. 7 einen Zahlenstrahl, der ein für die Klassifikation relativ schlechtes Merkmal darstellt.

**[0019]** Zunächst mit Bezug auf Fig. 3 ist ein Blockschaltbild eines beispielhaften Systems gezeigt. Das System **10** enthält mehrere Sensoren **12** und eine Signalverarbeitungsschaltung **14** und wahlweise ein Display **16** und eine Benutzereingabeeinrichtung **18**. Das System **10** beschafft Merkmaldatensätze (z. B.

einen Bilddatensatz, einen Tondatensatz, andere eindimensionale oder mehrdimensionale Signaldatensätze usw.) eines Subjekts **20** (z. B. eines Objekts wie etwa eines Schweißpunkts, einer Fliese, eines Motors usw.) auf einem Förderband oder einer Plattform **22**. Das System **10** kann auf einem Mehrsignalverarbeitungssystem implementiert werden, wie z. B. SIMULTAN, hergestellt von der Siemens AG, München. Das SIMULTAN-System kann viele verschiedene Merkmaldatensätze bezüglich eines Subjekts erzeugen und kann vielfältige Signaltypen verarbeiten, wie zum Beispiel Bilder, Ton, Vibration, Strom, Kraft usw. Das nachfolgend beschriebene System und Verfahren wählt somit das beste Merkmal bzw. die besten Merkmale zur Verwendung für jeden Klassifikationszweck.

**[0020]** Sensoren **12** (z. B. Videokameras, Ultraschallwandler, Infrarotsensoren, Mikrophone usw.) sind dafür konfiguriert, Merkmaldaten zum Beispiel in Form eines digitalen Bildes des Subjekts **20** vor einem Hintergrund oder einer Plattform **22** zu beschaffen. In diesem Beispiel ist eine Videokamera dafür konfiguriert, einen Bilddatensatz in Graustufen zu beschaffen und den Bilddatensatz zu der Signalverarbeitungsschaltung **14** zu senden. Als Alternative kann die Videokamera Merkmaldaten in Farbe beschaffen und separate Subjektdatensätze für rot, grün und blau für jedes Bild senden. Als Alternative kann nur ein Sensor verfügbar sein, obwohl aus der Ausgabe des einen Sensors mehrere Sätze von Merkmaldaten erzeugt oder berechnet werden.

**[0021]** Die Signalverarbeitungsschaltung **14** (d. h. ein Computer) enthält einen programmierten Mikroprozessor (z. B. einen Prozessor des Typs INTEL x86, einen Mikrocontroller usw.), Speicher, Kommunikationsschnittstellen usw. Als Alternative kann die Signalverarbeitungsschaltung **14** programmierbare Logik, diskrete Schaltungskomponenten usw. umfassen. Die Schaltung **14** arbeitet gemäß einem in Speicher (z. B. Festplattenspeicherung, Firmware, nichtflüchtigen Speicher usw.) gespeicherten Soft- oder Hardwareprogramm, ist dafür konfiguriert, verschiedene Signalverarbeitungsfunktionen an den empfangenen Merkmaldatensätzen auszuführen und kann ferner dafür konfiguriert sein, dem Display **16** (z. B. eine Kathodenstrahlröhre, Flüssigkristallanzeige usw.) Display-Signale zuzuführen und von der Benutzereingabeeinrichtung **18** (z. B. einer Tastatur, einem Berührungsschirm usw.) Benutzereingaben zu empfangen.

**[0022]** Nunmehr mit Bezug auf Fig. 4 werden durch die Schaltung **14** durchgeführte Schritte beschrieben. Im Schritt **102** ist das System **10** dafür konfiguriert, über die Sensoren **12** Merkmaldaten bezüglich des Subjekts **20** zu messen. Gemäß einem Beispiel platziert ein Benutzer das Subjekt **20** (z. B. ein Metallteil mit einer Punktschweißung) auf die Plattform **22** und

drückt einen Schalter (z. B. Taste, Mouseklick, Berührungsschirm usw.) auf der Benutzereingabereinrichtung **18**. Als Reaktion befiehlt die Signalverarbeitungsschaltung **14** den Sensoren **12**, ein oder mehrere Merkmale des Objekts **20** zu messen. Zum Beispiel könnte einer der Sensoren **12** eine Videokamera sein, die dafür konfiguriert ist, ein digitales Bild des Subjekts **20** zu erhalten. Ein anderer der Sensoren **12** könnte ein Gewichtssensor sein, der dafür konfiguriert ist, das Subjekt **20** zu wiegen. Ein weiterer der Sensoren **12** könnte ein Längensensor sein, der dafür konfiguriert ist, einen Durchmesser des Subjekts **20** zu messen. Es wird eine beliebige Art von Sensor zur Messung eines beliebigen Merkmals über ein Subjekt **20** in Betracht gezogen. Wenn der eine oder die mehreren Merkmaldatensätze des Subjekts **20** beschafft sind, werden sie zu der Signalverarbeitungsschaltung **14** gesendet, die die Merkmaldaten im Speicher zur weiteren Verarbeitung in einer Datenstruktur speichert. Die Datenstruktur enthält sowohl Merkmaldaten als auch etwaige andere Subjekt-daten, wie etwa Klassendaten (siehe den nachfolgenden Schritt **104**). Der Benutzer verarbeitet in der Regel eine Anzahl von Subjekten, (z. B. 10, 20–30 usw.), um eine statistisch signifikante Stichprobe der verschiedenen Klassen von Subjekten zu erhalten.

**[0023]** Im Schritt **104** werden die Subjekt-daten in eine von mehreren Klassen klassifiziert. Bei dieser beispielhaften Ausführungsform werden die Subjekt-daten in eine "gute" Klasse und eine "schlechte" Klasse klassifiziert. Als Alternative können Subjekt-daten in Klassen klassifiziert werden, die verschiedene Größen repräsentieren (z. B. kurz, mittel, lang), oder Eigenschaften, Charakteristika usw. Ein Verfahren zum Klassifizieren von Subjekt-daten besteht darin, dass ein Benutzer einen Schalter an der Benutzereingabereinrichtung **18** betätigt, um anzuzeigen, ob das sich gerade auf der Plattform **22** befindende Subjekt gut oder schlecht ist. Ein Benutzer legt mehrere Subjekte auf die Plattform **22** und beschafft für jedes Subjekt Merkmaldaten und assoziiert eine Klasse (z. B. gute Punktschweißung, schlechte Punktschweißung usw.) mit jedem Subjekt, um die Klassendaten zu erzeugen. Die Schaltung **14** ist dafür konfiguriert, die Subjekt-daten mit den Merkmaldaten und den Klassendaten als Vorbereitung für die weitere Verarbeitung in einem Speicher zu speichern.

**[0024]** Im Schritt **106** ist die Schaltung **14** dafür konfiguriert, mit der Verarbeitung der Subjekt-daten zu beginnen. Die Schaltung **14** ordnet die Subjekt-daten zuerst auf der Basis der Werte der Merkmaldaten. Genauer gesagt nehmen die Merkmaldaten in der Regel Werte über einen Bereich von Werten von einem Minimum zu einem Maximum an (z. B. von einer tiefroten Farbe zu einer tiefblauen Farbe, von einem Minimalgewicht von 0 bis zu einem Maximalgewicht von vielleicht 2–3 Kilogramm usw.) **Fig. 5** zeigt als graphische Repräsentation das Ergebnis dieser An-

ordnung, einen Zahlenstrahl **30**. Der Zahlenstrahl **30** enthält eine sich von einem minimalen Merkmalswert **34** nach außen erstreckende Linie **32**. Alle Subjekt-daten werden auf dem Zahlenstrahl **30** aufgetragen, wie zum Beispiel an den Punkten "X" **36** und "O" **38** gezeigt. Die Indizien "X" und "O" repräsentieren die Klassendaten für jeden Datenpunkt (z. B. Klasse X, Klasse O), die im Schritt **104** erzeugt werden. Der Zahlenstrahl ist lediglich eine Repräsentation der Anordnung; in der Regel ist bei einer tatsächlichen Ausführungsform die Schaltung **14** dafür konfiguriert, die Subjekt-daten in einer linearen Datenstruktur oder an aufeinander folgenden Speicherstellen zur Bildung der Anordnung zu speichern. Es werden alternative Anordnungsverfahren in Betracht gezogen.

**[0025]** Im Schritt **108** ist die Schaltung **14** dafür konfiguriert, die Anzahl der Klassenänderungen von einer Klasse zu einer anderen in den angeordneten Subjekt-daten zu identifizieren. Wieder mit Bezug auf **Fig. 5** ist die Schaltung **14** dafür konfiguriert, die Klassendaten aus allen Subjekt-daten, voranschreitend von dem Punkt **34** entlang der Linie **32** auf dem Zahlenstrahl **30**, zu lesen. Im Punkt **40** wird eine Klasse "X" gelesen. Der nächste aufeinander folgende oder benachbarte Punkt auf der Linie **32** (Punkt **42**) gibt eine Klasse "O" an, d. h. eine Klassenänderung von Klasse "X" zu Klasse "O". Die Schaltung **14** ist dafür konfiguriert, dies als eine Klassenänderung zu identifizieren und einen Klassenänderungszähler (z. B. eine Speicherstelle) zu erhöhen. Die Schaltung **14** fährt auf dem Zahlenstrahl **30** fort, bis sie den Punkt **44**, einen Punkt der Klasse "O", und den Punkt **46**, einen Punkt der Klasse "X", erreicht. Die Schaltung **14** identifiziert dies als eine weitere Klassenänderung und erhöht wiederum den Klassenänderungszähler. Die Schaltung **14** schreitet auf diese Weise voran, bis alle oder genügend Subjekt-daten gelesen sind. Die Anzahl der Klassenänderungen repräsentiert die Eignung dieses Merkmals für die Klassifikation des Subjekts **20**. Wenn eine große Anzahl von Klassenänderungen vorliegt, ist das Merkmal weniger für die Klassifikation des Subjekts **20** geeignet. Wenn eine kleine Anzahl von Klassenänderungen vorliegt, ist das Merkmal besser für die Klassifikation des Subjekts **20** geeignet.

**[0026]** Im Schritt **110** ist ein weiteres vorteilhaftes Erfindungsmerkmal gezeigt. Die Schaltung **14** ist ferner dafür konfiguriert, das Intervall zwischen Klassenänderungen in den angeordneten Subjekt-daten, wie zum Beispiel die Intervalle **48** und **50** in **Fig. 5**, zu messen. Je größer die Intervalle zwischen Klassenänderungen sind, desto geeigneter ist das Merkmal für die Klassifikation des Subjekts **20**. Je weniger sich die Intervalle zwischen Klassen ändern, desto weniger geeignet ist das Merkmal für die Klassifikation des Subjekts **20**. Es ist ersichtlich, dass entweder die Anzahl der Klassenänderungen oder die Größe der Intervalle oder beides von der Schaltung **14** zur

Bestimmung der Eignung des Merkmals für die Klassifikation des Subjekts **20** verwendet werden können.

**[0027]** Im Schritt **112** ist die Schaltung **14** dafür konfiguriert, für jedes Merkmal auf der Basis der Anzahl von Klassenänderungen und/oder der Größe der Intervalle in den angeordneten Subjekt Daten einen Geeignetheitswert zu erzeugen. Der Geeignetheitswert kann dann dazu verwendet werden, mehrere Merkmale des Subjekts **20** in Bezug aufeinander zu vergleichen, um zu bestimmen, welches am besten für Klassifikationen geeignet ist. Gemäß einer beispielhaften Gleichung wird der Geeignetheitswert folgendermaßen berechnet:

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i + a}$$

wobei  $i$  = ein Index,  $n$  = die Anzahl der Klassenänderungen,  $d_i$  = das Intervall zwischen Klassenänderungen und  $a$  ist eine Konstante, die zum Variieren des relativen Gewichts oder der Anzahl von Klassenänderungen im Vergleich zu der Größe der Intervalle verwendet wird. Diese Gleichung berücksichtigt die Situation, bei der  $d(i) = 0$  ist, d. h. wenn zwei Subjekt Daten denselben Merkmalwert, aber andere Klassen aufweisen. Je kleiner dieser Geeignetheitswert ist, desto besser ist das Merkmal für das Klassifizieren der Subjekte. Je größer dieser Geeignetheitswert ist, desto schlechter ist das Merkmal für das Klassifizieren der Subjekte.

**[0028]** Im Schritt **114** wird eines oder mehrere der Merkmale als am besten für die Klassifikation des Subjekts **20** geeignet ausgewählt. Die Schaltung **14**: kann dafür konfiguriert sein, diesen Schritt automatisch durch einfaches Vergleichen der Geeignetheitswerte auszuführen, oder dies kann durch einen Benutzer über die Benutzereingabeeinrichtung **18** nach Betrachten der Geeignetheitswerte, der Anzahl von Klassenänderungen und/oder Intervalle zwischen Klassenänderungen auf dem Display **16** geschehen. Wenn die Schritte **102–114** abgeschlossen sind, ist die Schaltung **14** dafür konfiguriert, Subjekte zum Beispiel während der Produktion unter Verwendung des besten Merkmals oder der besten Gruppe von Merkmalen für Klassifikationszwecke automatisch zu klassifizieren.

**[0029]** **Fig. 6** und **Fig. 7** sind Zahlenstrahlen **120** und **130**, die ein erstes, für die Klassifikation relativ gutes Merkmal bzw. ein zweites, für die Klassifikation relativ schlechtes Merkmal **130** darstellen. Der Zahlenstrahl **120** enthält nur vier Klassenänderungen, die jeweils durch mindestens ein kleines Intervall getrennt werden. Der Zahlenstrahl **130** enthält ungefähr elf Klassenänderungen, wovon der größte Teil durch ein sehr kleines Intervall getrennt wird.

**[0030]** Die gemessenen Merkmale der Subjekte können wie erwähnt eine beliebige Art von Merkmal

über die Subjekte sein, das gemessen oder berechnet werden kann. Zusätzlich zu den erwähnten kann die Schaltung **14** dafür konfiguriert sein, auf der Basis gemessener Merkmaldaten weitere Merkmale zu berechnen. Zum Beispiel kann die Schaltung **14** aus einem Digitalbild des Subjekts den Mittelwert, die Varianz, den Durchmesser, die Standardabweichung usw. von Punkten in dem digitalen Bild berechnen, wobei all diese jeweils ein weiteres Merkmal des Subjekts sind, das für Klassifikationszwecke geeignet sein kann. Als ein weiteres Beispiel kann ein Mikrophon ein Tonsignal von dem Subjekt empfangen. Ein Verfahren zum Prüfen der Qualität einer Fliese ist das Anschlagen der Fliese mit einem Hammer und das Aufzeichnen des von dieser resonierenden Tons. Dieses Tonsignal ist ein Merkmal des Subjekts und aus dem Tonsignal abgeleitete Daten, wie etwa Maximalamplitude, Frequenz, Abklingzeit, Quadratwurzel, Absolut-Quadrat usw. sind weitere Merkmale des Subjekts, die für Klassifikationszwecke geeignet sein können. Das System und Verfahren von **Fig. 3–Fig. 5** identifiziert, welches dieser Merkmale am besten für die Klassifikation der Fliesen, zum Beispiel in "gute" und "schlechte" Teile, geeignet ist.

**[0031]** Obwohl Ausführungsbeispiele dargestellt und beschrieben wurden, versteht sich, dass die hier offengelegten Ausführungsformen lediglich als Beispiel dargestellt werden. Zum Beispiel können die Subjekt Daten, die Merkmaldaten und Klassendaten umfassen, in verschiedenen Arten von Datenstrukturen und/oder auf verschiedenen Arten von Speichern gespeichert und angeordnet werden. Zusätzlich zu Zwei-Klassifikationsschemata (z. B. "gute" Teile und "schlechte" Teile) können Subjekte in drei, vier oder mehr Klassifikationen klassifiziert werden. Die Erfindung ist nicht auf eine konkrete Ausführungsform beschränkt, sondern erstreckt sich auf verschiedene Modifikationen, die dessen ungeachtet in den Schutzzumfang der angefügten Ansprüche fallen.

### Patentansprüche

1. Auf einem Computer ausgeführtes Verfahren zur Beurteilung eines Merkmals in bezug auf Eignung bei der Klassifikation von Subjekten auf der Basis gemessener physikalischer Subjekt Daten, wobei die Subjekt Daten Merkmaldaten und Klassendaten umfassen, mit den folgenden Schritten:

- Anordnung der gemessenen physikalischen Subjekt Daten auf einer Achse auf der Basis der Werte der Merkmaldaten; und
- Identifizieren der Anzahl von Klassenänderungen von einer Klasse zu einer anderen Klasse in den angeordneten gemessenen physikalischen Subjekt Daten, wobei die Anzahl der Klassenänderungen die Eignung des Merkmals für die Klassifikation der Subjekte repräsentiert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, ferner mit dem

Schritt des Messens des Intervalls zwischen Klassenänderungen in den angeordneten gemessenen physikalischen Subjekt-daten, wobei das Intervall zwischen Klassenänderungen die Eignung des Merkmals für die Klassifikation der Subjekte repräsentiert.

3. Verfahren nach Anspruch 2, ferner mit dem Schritt des Erzeugens eines Geeignetheitswerts gleich

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i + a}$$

wobei  $i$  = ein Index,  $n$  = die Anzahl der Klassenänderungen,  $d_i$  = das Intervall zwischen Klassenänderungen und  $a$  ist eine Konstante.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Merkmaldaten Tondaten umfassen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, ferner mit dem Schritt des Klassifizierens der gemessenen physikalischen Subjekt-daten in die erste Klasse oder die zweite Klasse.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die gemessenen physikalischen Subjekt-daten zweite Merkmaldaten und zweite Klassendaten umfassen, ferner mit den folgenden Schritten:

- Anordnung der gemessenen physikalischen Subjekt-daten auf der Basis der zweiten Merkmaldaten, um zweite angeordnete gemessene physikalische Subjekt-daten zu erzeugen; und
- Identifizieren der Anzahl von Klassenänderungen von einer Klasse zu einer anderen Klasse in den zweiten angeordneten gemessenen physikalischen Subjekt-daten, wobei die Anzahl der Klassenänderungen in den zweiten angeordneten gemessenen physikalischen Subjekt-daten die Eignung des zweiten Merkmals für die Klassifikation der Subjekte repräsentiert.

7. Verfahren nach Anspruch 6, ferner mit dem Schritt des Messens des Intervalls zwischen Klassenänderungen in den zweiten angeordneten gemessenen physikalischen Subjekt-daten, wobei das Intervall zwischen Klassenänderungen in den zweiten angeordneten gemessenen physikalischen Subjekt-daten die Eignung des zweiten Merkmals für die Klassifikation der Subjekte repräsentiert.

8. Verfahren nach Anspruch 6, ferner mit dem Schritt des Aufwählens des ersten oder des zweiten Merkmals, das weniger Klassenänderungen aufweist, als das Merkmal, das die Subjekte am geeignetsten repräsentiert.

9. Verfahren nach Anspruch 1, ferner mit den folgenden Schritten:

- Identifizieren aufeinanderfolgender gemessener physikalischer Subjekt-daten mit einer Klassenände-

rung; und

– Messen des Intervalls zwischen den zwei aufeinanderfolgenden gemessenen physikalischen Subjekt-daten, wobei das Intervall zwischen Klassenänderungen die Eignung des Merkmals für die Klassifikation des Subjekts repräsentiert.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Merkmaldaten einen Durchmesser des Subjekts umfassen.

11. Verfahren nach Anspruch 9, ferner mit dem Schritt des Klassifizierens der gemessenen physikalischen Subjekt-daten in die erste Klasse oder die zweite Klasse.

12. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Merkmaldaten Bilddaten umfassen.

13. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die gemessenen physikalischen Subjekt-daten zweite Merkmaldaten und zweite Klassendaten umfassen, ferner mit den folgenden Schritten:

- Anordnung der gemessenen physikalischen Subjekt-daten auf der Basis der zweiten Merkmaldaten, um zweite angeordnete gemessene physikalische Subjekt-daten zu erzeugen; und
- Identifizieren der Anzahl von Klassenänderungen von einer Klasse zu einer anderen Klasse in den zweiten angeordneten gemessenen physikalischen Subjekt-daten, wobei die Anzahl der Klassenänderungen in den zweiten angeordneten gemessenen physikalischen Subjekt-daten die Eignung des zweiten Merkmals für die Klassifikation der Subjekte repräsentiert.

14. Verfahren nach Anspruch 13, ferner mit dem Schritt des Messens des Intervalls zwischen Klassenänderungen in den zweiten angeordneten gemessenen physikalischen Subjekt-daten, wobei das Intervall zwischen Klassenänderungen die Eignung des zweiten Merkmals für die Klassifikation des Subjekts repräsentiert.

15. Verfahren nach Anspruch 14, ferner mit dem Schritt des Auswählens des ersten oder des zweiten Merkmals, das die Subjekte am geeignetsten klassifiziert, auf der Basis der Anzahl von Klassenänderungen und des Intervalls zwischen Klassenänderungen für jedes des ersten und des zweiten Merkmals.

16. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die gemessenen physikalischen Subjekt-daten auf einer Achse angeordnet werden, wobei die aufeinanderfolgenden Subjekt-daten benachbarte Positionen auf der Achse aufweisen.

17. System zur Beurteilung eines Merkmals in Bezug auf Eignung bei der Klassifikation von Subjekten, umfassend:

– Messmittel zum Erfassen von Merkmaldaten von einer Vielzahl von Subjekten;  
 – Klassifikationsmittel zum Klassifizieren jedes Subjekts mit einer ersten Klasse oder einer zweiten Klasse; und  
 – Mittel zum Anordnen der gemessenen physikalischen Subjektdateien auf einer Achse auf der Basis der Werte der Merkmaldaten und zum Identifizieren der Anzahl von Klassenänderungen von einer Klasse zu einer anderen Klasse in den angeordneten gemessenen physikalischen Subjektdateien, wobei die Anzahl der Klassenänderungen die Eignung des Merkmals für die Klassifikation für die Subjekte repräsentiert.

mals, das die Subjekte am geeignetsten klassifiziert.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

18. System nach Anspruch 17, wobei die Mittel zum Anordnen und Identifizieren eine Signalverarbeitungsschaltung umfassen.

19. System nach Anspruch 17, ferner mit Mitteln zum Messen des Intervalls zwischen Klassenänderungen in den angeordneten gemessenen physikalischen Subjektdateien, wobei das Intervall zwischen Klassenänderungen die Eignung des Merkmals für die Klassifikation der Subjekte repräsentiert.

20. System nach Anspruch 17, ferner mit Mitteln zum Erzeugen eines Geeignetheitswerts gleich

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i + a}$$

wobei  $i$  = ein Index,  $n$  = die Anzahl der Klassenänderungen,  $d_i$  = das Intervall zwischen Klassenänderungen und  $a$  ist eine Konstante.

21. System nach Anspruch 17, ferner umfassend:

– Messmittel zum Beschaffen zweiter Merkmaldaten von der Vielzahl von Subjekten; und  
 – Mittel zum Anordnen der gemessenen physikalischen Subjektdateien auf der Basis der zweiten Merkmaldaten, um zweite angeordnete gemessene physikalische Subjektdateien zu erzeugen, und zum Identifizieren der Anzahl von Klassenänderungen von einer Klasse zu einer anderen Klasse in den zweiten angeordneten gemessenen physikalischen Subjektdateien, wobei die Anzahl der Klassenänderungen in den zweiten angeordneten gemessenen physikalischen Subjektdateien die Eignung des zweiten Merkmals für die Klassifikation der Subjekte repräsentiert.

22. System nach Anspruch 21, ferner mit Mitteln zum Messen des Intervalls zwischen Klassenänderungen in den zweiten angeordneten Subjektdateien, wobei das Intervall zwischen Klassenänderungen die Eignung des zweiten Merkmals für die Klassifikation der Subjekte repräsentiert.

23. System nach Anspruch 22, ferner mit Mitteln zum Auswählen des ersten oder des zweiten Merk-

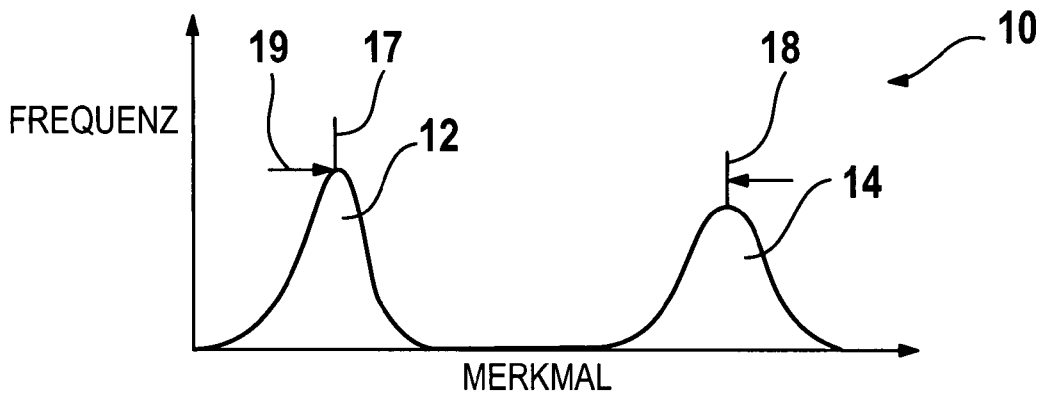


FIG 1

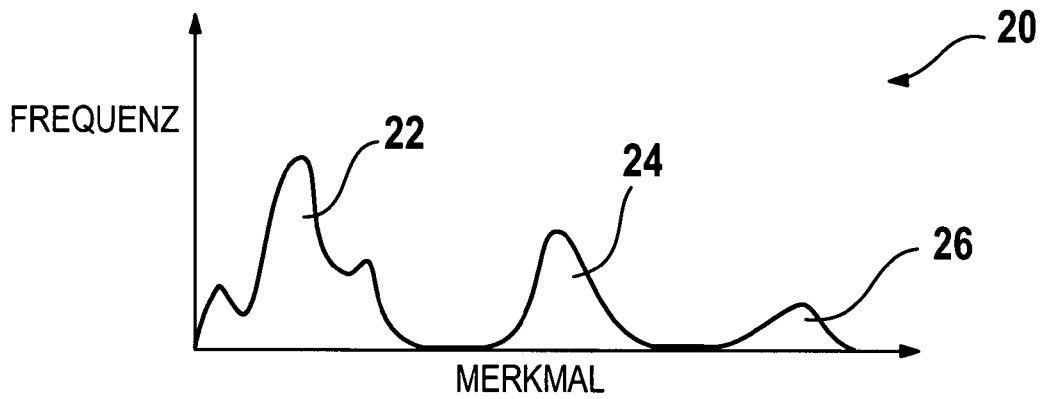


FIG 2

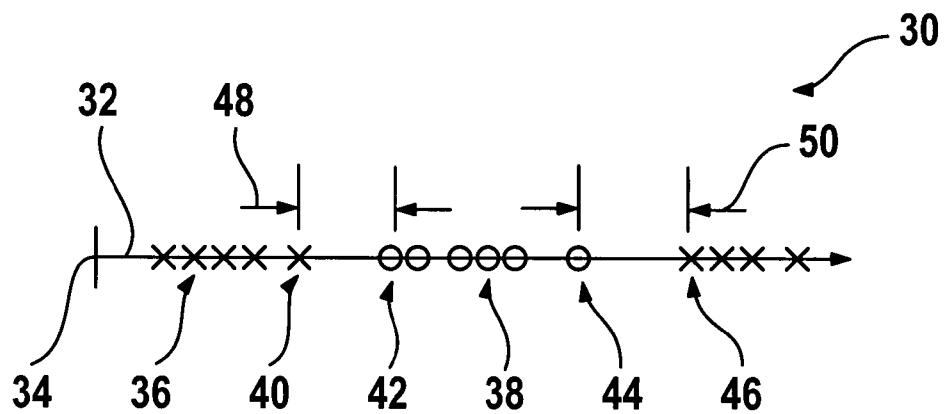
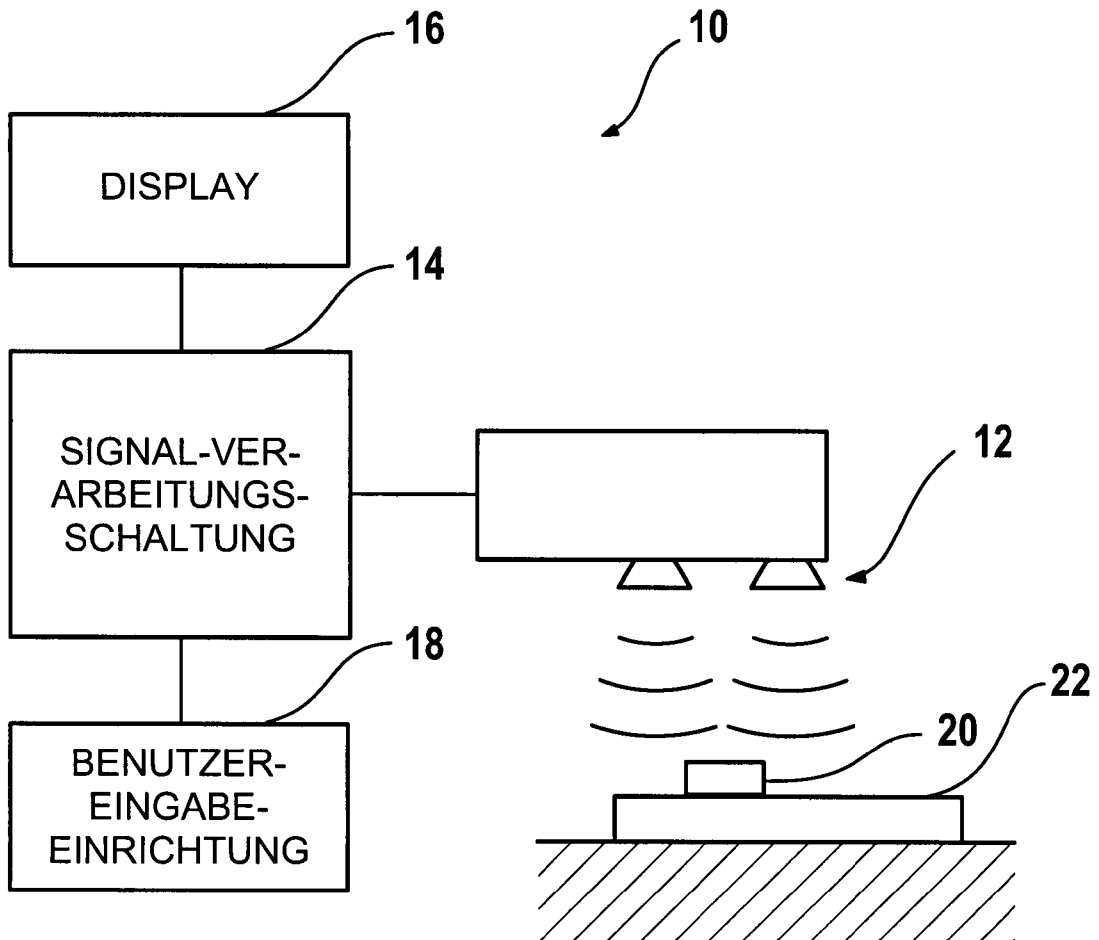
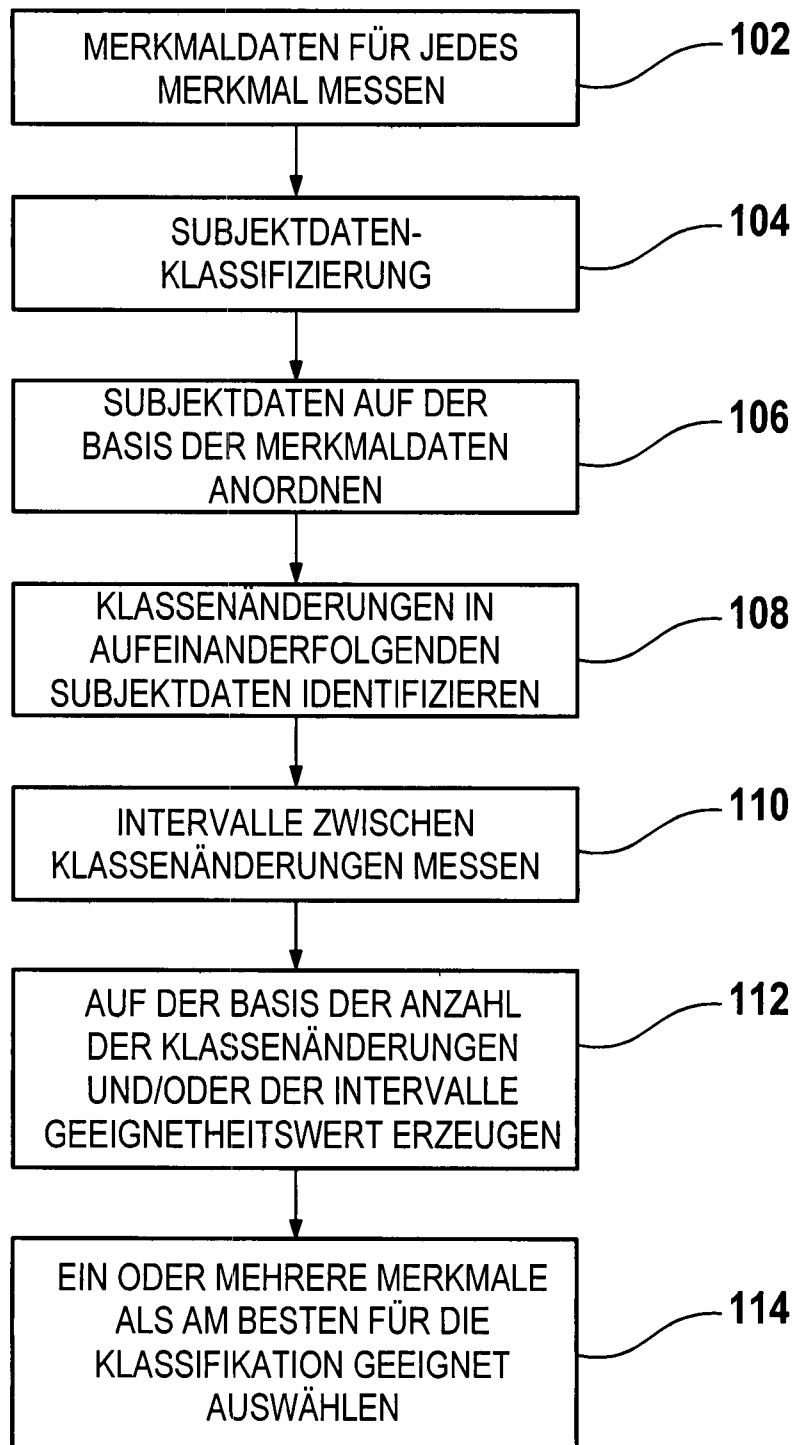


FIG 5





**FIG 3**



**FIG 4**

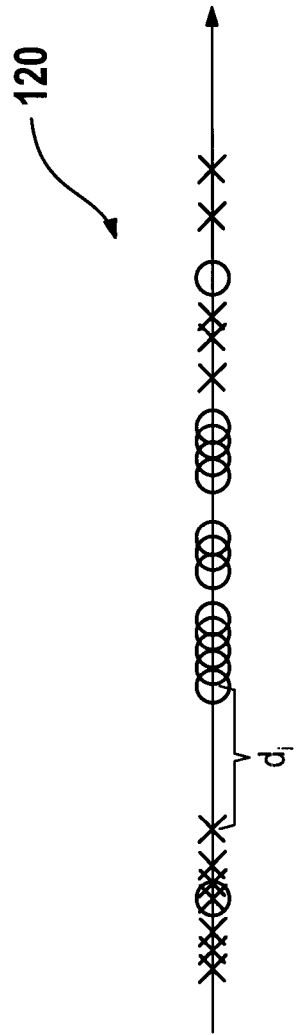


FIG 6

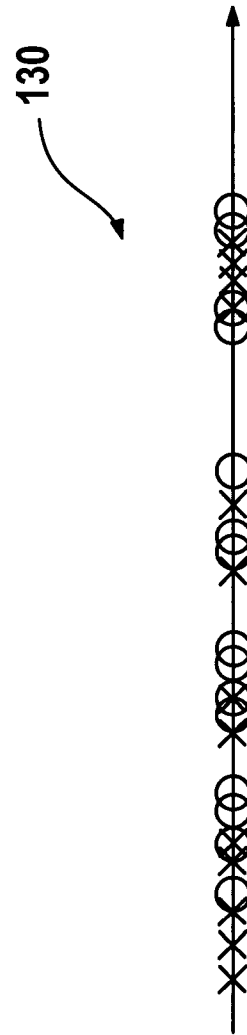


FIG 7