



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.10.2014 Patentblatt 2014/41

(51) Int Cl.:
G07D 7/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14161755.5**

(22) Anmeldetag: **26.03.2014**

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

(30) Priorität: **03.04.2013 EP 13455003**

(71) Anmelder: **AIT Austrian Institute of Technology GmbH**
1220 Wien (AT)

(72) Erfinder:
• **Vrabl, Andreas**
2333 Leopoldsdorf (AT)
• **Mayer, Konrad**
1230 Wien (AT)
• **Granec, Reinhard**
1030 Wien (AT)
• **Heiss, Dorothea**
1230 Wien (AT)

(74) Vertreter: **Wildhack & Jellinek**
Patentanwälte OG
Landstraßer Hauptstraße 50
1030 Wien (AT)

(54) **Verfahren zur Prüfung von bedruckten Gegenständen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prüfung von bedruckten Gegenständen (1), insbesondere von Druckwerken wie beispielsweise Banknoten, wobei

a) von dem jeweiligen zu prüfenden Gegenstand (1) ein Digitalbild (2) erstellt und dem jeweiligen Gegenstand (1) zugeordnet wird,

b) das Digitalbild (2) hinsichtlich seiner Auflösung, insbesondere seiner Farbtiefe, der Anzahl seiner Farbkanaäle sowie seiner örtlichen Auflösung, reduziert wird und derart ein reduziertes Digitalbild (3) erstellt und dem jeweiligen Gegenstand (1) zugeordnet wird, dadurch gekennzeichnet, dass

c) im Rahmen einer Grobprüfung ein Vergleich des reduzierten Digitalbilds (3) mit zumindest einem reduzierten Referenzbild (5) durchgeführt wird,

d) das reduzierte Digitalbild (3) im Falle einer einen vorgegebenen ersten Schwellenwert (S_1) übersteigenden Übereinstimmung als zu einem fehlerfreien Gegenstand (1) gehörig erkannt und die Überprüfung des jeweiligen Gegenstands (1) beendet wird,

e) der Gegenstand im Falle einer den ersten Schwellenwert nicht übersteigenden Übereinstimmung des reduzierten Digitalbilds (3) mit dem reduzierten Referenzbild (5) als potentiell fehlerhaft eingestuft wird,

f) für den Fall, dass ein Gegenstand (1) als potentiell

fehlerhaft eingestuft wurde, der Gegenstand einer Feinprüfung unterzogen wird, wobei für den Gegenstand (1) das ihm jeweils zugeordnete Digitalbild (2) herangezogen und dieses Digitalbild (2) mit zumindest einem Referenzbild (4) verglichen wird, wobei der Gegenstand (1) im Falle einer einen zweiten Schwellenwert übersteigenden Übereinstimmung als "fehlerfrei", andernfalls als "fehlerhaft" klassifiziert wird,

g) dass die zu untersuchenden Gegenstände (1) vor und/oder während ihrer Aufnahme relativ zu der die Aufnahme durchführenden Aufnahmeeinheit (11), insbesondere mit einer Transportvorrichtung (22), vorzugsweise mit einer Fördereinrichtung, befördert werden,

h) dass die Gegenstände (1) nach ihrer Grobprüfung hinsichtlich des Prüfungsergebnisses, insbesondere mit einer ersten Weiche (23a), separiert, und die als potentiell fehlerhaft erkannten Gegenstände (1) in einen Zwischenspeicher (24) überführt werden, und

i) dass die im Zwischenspeicher (24) befindlichen Gegenstände (1) nach Durchführung der Feinprüfung einer zweiten Weiche (23b) zugeführt und entsprechend ihrer Klassifikation separiert werden.

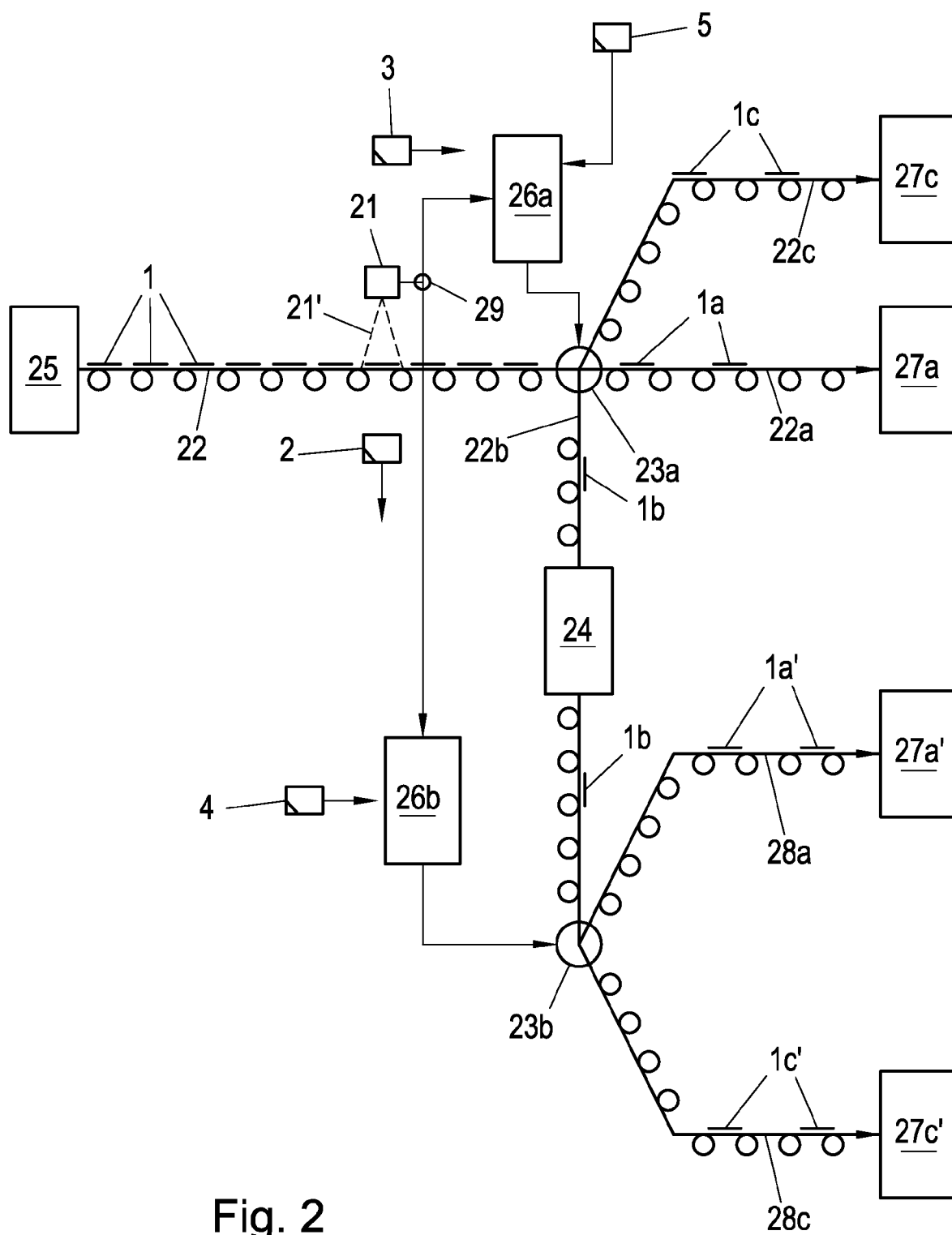


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prüfung von bedruckten Gegenständen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Weiters betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Prüfung von bedruckten Gegenständen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 10.

[0002] Die Erfindung wird bevorzugt zur Prüfung von frisch gedruckten oder eingezogenen Banknoten vor der Ausgabe verwendet. Selbstverständlich können auch andere Gegenstände, insbesondere Druckwerke, auf ihre Übereinstimmung mit einem vorgegebenen Referenzgegenstand bzw. mit einem Referenzdruckwerk geprüft werden.

[0003] Aus dem Stand der Technik ist eine Vielzahl von unterschiedlichen Verfahren bekannt, mit denen Gegenstände, insbesondere Druckwerke, mit Referenzgegenständen verglichen werden. Hierbei wird vorzugsweise sowohl vom jeweiligen zu prüfenden Druckwerk sowie vom Referenzdruckwerk ein Digitalbild erstellt und die beiden so erstellten Digitalbilder werden miteinander verglichen.

[0004] Bei modernen Aufnahmeverfahren ist es ohne weiteres möglich, für jeden der zu prüfenden Gegenstände ein Digitalbild mit sehr großer Auflösung zu erstellen. Eine Überprüfung dieses Digitalbilds anhand eines Vergleichs mit einem Referenzbild ist zwar grundsätzlich möglich, jedoch zeitaufwändig. Insbesondere erfordert es eine enorme Rechenleistung, Druckwerke nach ihrer Herstellung gleichsam in Echtzeit zu prüfen, wenn für das jeweilige Druckwerk das von diesem Druckwerk erstellte Digitalbild in voller Auflösung herangezogen wird. Eine Reduktion der Auflösung bzw. die Verwendung von Kameras mit einer geringeren Auflösung führt umgekehrt dazu, dass bestimmte Druckfehler oder Druckwerke mit geringer Qualität überhaupt nicht erkannt werden können. Selbst wenn die jeweilige für die Prüfung herangezogene Auflösung in bestimmten Grenzen einstellbar ist, kann eine optimale Auflösung, die sowohl eine ressourcensparende als auch zuverlässige Prüfung ermöglicht, nicht gefunden werden. Somit besteht nach dem Stand der Technik lediglich die Möglichkeit, eine Prüfvorrichtung mit einer erhöhten Rechenleistung zur Verfügung zu stellen.

[0005] Fig. 1 zeigt schematisch das Vorgehen nach dem Stand der Technik. In einem Produktionsschritt werden Druckwerke 1 von einer Druckmaschine 15 erstellt. Nach der Herstellung werden die Druckwerke 1 mittels eines Förderbands 12 durch den Aufnahmebereich einer Aufnahmeeinheit 11 transportiert. Die Aufnahmeeinheit 11 erstellt ein Digitalbild 2 des jeweiligen Druckwerks 1.

[0006] Das Digitalbild 2 wird einer Recheneinheit 16 zugeführt. Die Recheneinheit 16 reduziert gegebenenfalls die Auflösung des Digitalbilds 2 des Druckwerks 1, sodass die Recheneinheit 16 die ihr zugeführten Digitalbilder 2 mit einer Geschwindigkeit prüfen kann, die der Produktionsrate oder der Taktrate der Gegenstände 1 entspricht. So wird vermieden, dass die Recheneinheit

16 zu langsam arbeitet und eine Prüfung der Druckwerke in Echtzeit nicht möglich ist.

[0007] Bei der Prüfung wird das jeweilige Digitalbild 2 mit einem Referenzbild 4 verglichen, das dieselbe Auflösung hinsichtlich Pixelanzahl, Farbtiefe und Anzahl der Bildkanäle aufweist wie das Digitalbild 2. Das Referenzbild 4 entspricht dem erwarteten Digitalbild eines fehlerfreien Gegenstands 1. Die konkrete Art des Vergleichs zwischen Digitalbild 2 und Referenzbild 4 ist für das vorliegende Verfahren nicht von Bedeutung. Aus allgemeinem Fachwissen sind eine Vielzahl von Verfahren zur Prüfung von Bildern bekannt. Nur als Beispiel sei etwa auf die folgenden Veröffentlichungen verwiesen, mit denen Unterschiede zwischen Bildern und Referenzbildern ermittelbar sind:

- "The Colour Image Processing Handbook", herausgegeben von S. J. Sangwine und R. E. N. Horne, veröffentlicht von Chapman & Hall, 1998, Seiten 8 bis 23, 66 bis 90 und 376 bis 384
- "Optical Pattern Recognition based on Color Vision Models" von M. S. Millán und M. Corbalán, erhalten am 2. Mai 1995, veröffentlicht von der Optical Society of America, 1995, Optical Letters Vol. 20, Nr. 16, 15. August 1995, Seiten 1722 bis 1724
- "Opponent Color Space Motivated by Retinal Processing" von Silvio Borer et al, Verfahren des CGIV 2002 -- First European Conference on Color in Graphics, Imaging and Vision (CGIV), Poitiers, Frankreich, April 2002.
- "Trichromatic opponent color classification" von E. J. Chichilnisky et al, erhalten am 4. März 1998, akzeptiert am 30. November 1998, veröffentlicht von Elsevier Science Ltd., 1999, 0042-6989/99/\$, Vision Research 39 (1999), Seiten 2444 bis 2458
- "Opponent Color Processing Based on Neural Models" von M. Bollmann et al, Advances in Structural and Syntactical Pattern Recognition, 6th International Workshop, SSPR '96, Leipzig, Deutschland, 20. bis 23. August 1996, Lecture Notes in Computer Science 1121, herausgegeben von C. Goos et al (1996), J. Hartmanis und J. van Leeuwen
- DE 19744999 A1 der Heidelberger Druckmaschinen AG, veröffentlicht am 23. Juli 1998.

[0008] Als Ergebnis eines solchen Vergleichs erhält man ein Vergleichsergebnis in Form eines Vergleichswerts. Dieser Vergleichswert wird mit einem Schwellenwert verglichen, der angibt, welches Vergleichsergebnis gerade noch als tolerierbar angesehen wird. Ist das ermittelte Vergleichsergebnis schlechter als der Schwellenwert, so werden das Digitalbild 2 und der Gegenstand 1, von dem das Digitalbild stammt, als fehlerhaft klassifiziert; andernfalls werden das Digitalbild 2 sowie der diesem zugeordnete Gegenstand 1 als fehlerfrei klassifiziert.

[0009] Je nach Ergebnis der Klassifikation durch die Recheneinheit 16 wird die Stellung einer Weiche 13 ge-

schaltet, sodass diejenigen Gegenstände 1b, die als fehlerhaft erkannt wurden, von den als fehlerfrei erkannten Gegenständen 1a ausgesondert werden. Fehlerhaft erkannte Gegenstände 1b werden vernichtet oder wiederverwertet oder, sofern kein schwerwiegender Fehler vorliegt, als Mangelware in den Verkehr gebracht. Im vorliegenden Beispiel werden die Gegenstände 1a, 1b gemäß ihrer Klassifikation über separate, der Weiche 13 nachgeordnete Förderbänder 12a, 12b in separaten Behältern 17a, 17b gespeichert und zur Verfügung gehalten.

[0010] Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, das einerseits eine genaue Prüfung zulässt und andererseits einen geringeren Ressourcenverbrauch aufweist, als die vorstehend genannten Verfahren.

[0011] Die Erfindung löst diese Aufgabe bei einem Verfahren der eingangs genannten Art mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0012] Die Erfindung sieht bei einem Verfahren zur Prüfung von bedruckten Gegenständen, insbesondere von Druckwerken wie beispielsweise Banknoten, wobei

a) von dem jeweiligen zu prüfenden Gegenstand ein Digitalbild erstellt und dem jeweiligen Gegenstand zugeordnet wird,

b) das Digitalbild hinsichtlich seiner Auflösung, insbesondere seiner Farbtiefe, der Anzahl seiner Farbkanaäle sowie seiner örtlichen Auflösung, reduziert wird und derart ein reduziertes Digitalbild erstellt und dem jeweiligen Gegenstand zugeordnet wird, vor, dass

c) im Rahmen einer Grobprüfung ein Vergleich des reduzierten Digitalbilds mit zumindest einem reduzierten Referenzbild durchgeführt wird,

d) das reduzierte Digitalbild im Falle einer einen vorgegebenen ersten Schwellenwert übersteigenden Übereinstimmung als übereinstimmend erkannt wird, wodurch der Gegenstand als fehlerfrei erkannt und die Überprüfung des Gegenstands beendet wird,

e) der Gegenstand im Falle einer den ersten Schwellenwert nicht übersteigenden Übereinstimmung des reduzierten Digitalbilds mit dem reduzierten Referenzbild als potentiell fehlerhaft eingestuft wird, und
f) für den Fall, dass ein Gegenstand als potentiell fehlerhaft eingestuft wurde, der Gegenstand einer Feinprüfung unterzogen wird, wobei für den Gegenstand das ihm jeweils zugeordnete Digitalbild herangezogen wird und dieses Digitalbild mit zumindest einem Referenzbild verglichen wird, wobei der Gegenstand im Falle einer einen zweiten Schwellenwert übersteigenden Übereinstimmung als "fehlerfrei" andernfalls als "fehlerhaft" klassifiziert wird.

[0013] Durch dieses Vorgehen besteht der wesentliche Vorteil, dass eine Feinprüfung nur dann erforderlich ist, wenn die zuvor erfolgte Grobprüfung kein eindeutiges

Ergebnis geliefert hat. Dadurch kann der Aufwand, der mit der Feinprüfung verbunden ist, auf einen kleinen Anteil der Gegenstände, wie Druckwerke, reduziert werden.

[0014] Eine besonders einfache Integration in einen automatisierten Produktionsprozess oder Prüfungsprozess, insbesondere Druckprozess, kann erfolgen, indem,

- die zu untersuchenden Gegenstände vor und/oder während ihrer Aufnahme relativ zu der die Aufnahme durchführenden Aufnahmeeinheit, insbesondere mit einer Transportvorrichtung, vorzugsweise mit einem Förderband, befördert werden,
- die Gegenstände nach ihrer Grobprüfung hinsichtlich des Prüfungsergebnisses, insbesondere mit einer ersten Weiche, separiert und die als potentiell fehlerhaft erkannten Gegenstände in einen Zwischenspeicher überführt werden, und
- die im Zwischenspeicher befindlichen Gegenstände nach Durchführung der Feinprüfung einer zweiten Weiche zugeführt und entsprechend ihrer Klassifikation separiert werden.

[0015] Um einen unnötigen Verbrauch von Ressourcen bei evident fehlerhaften Gegenständen zu vermeiden, kann vorgesehen werden, dass bei der Grobprüfung Gegenstände, deren zugeordnete reduzierte Digitalbilder einen dritten Schwellenwert unterschreitende Übereinstimmung mit dem reduzierten Referenzbild aufweisen, als "jedenfalls fehlerhaft" erkannt und klassifiziert werden.

[0016] Um solche fehlerhaften Gegenstände rasch aus der Herstellung oder Inspektion auszuschneiden, kann vorgesehen sein, dass Gegenstände, die bei der Grobprüfung eindeutig als fehlerhaft detektiert werden, separiert oder ausgesondert und nicht der Feinprüfung zugeführt werden, und/oder ausschließlich diejenigen Gegenstände deren Vergleich keine endgültige Zuordnung als fehlerhaft oder fehlerfrei ermöglicht, der Feinprüfung zugeführt werden.

[0017] Eine einfache und effiziente Implementierung sieht vor, dass bei der Grobprüfung und der Feinprüfung jeweils idente oder unterschiedliche Prüfalgorithmen verwendet werden, die an die jeweilige Auflösung der zu vergleichenden Bilder angepasst werden.

[0018] Um eine vorzeitige Klassifikation von fehlerhaften Druckwerken als fehlerfrei auszuschließen, kann vorgesehen sein, dass der bei der Grobprüfung herangezogene erste Schwellenwert für die Unterscheidung zwischen fehlerfreien und potentiell fehlerhaften reduzierten Digitalbildern eine höhere Übereinstimmung indiziert als der bei der Feinprüfung verwendete zweite Schwellenwert.

[0019] Um bei der Grobprüfung Rechenzeit und Speicherbedarf zu sparen, kann vorgesehen sein, dass bei der Erstellung des reduzierten Digitalbilds und/oder des reduzierten Referenzbilds die Auflösung des Digitalbilds und/oder des Referenzbilds verringert wird, indem

die örtliche Auflösung des jeweiligen Bildes verringert wird und/oder indem einzelne Farbkanäle miteinander kombiniert werden, insbesondere indem das jeweilige Bild von Farbe in Schwarz-Weiß oder Graustufen umgerechnet wird und/oder indem die Auflösungstiefe der einzelnen Farbkanäle reduziert wird.

[0020] Um eine Anpassung des reduzierten Digitalbilds an das reduzierte Referenzbild zu ermöglichen und transportbedingte Effekte wie Drehungen, Flattern usw. auszuschließen, kann vorgesehen sein, dass die reduzierten Digitalbilder vor der Grobprüfung einer stückweise affinen Transformation zugeführt und mit dem reduzierten Referenzbild zur Deckung gebracht werden.

[0021] Um eine Anpassung des Digitalbilds an das Referenzbild zu ermöglichen und transportbedingte Effekte wie Drehungen, Flattern und feuchtigkeitsbedingte Wölbungen des Gegenstands bzw. Druckwerks bei der Aufnahme auszuschließen, kann vorgesehen sein, dass die Digitalbilder vor der Feinprüfung einer nichtlinearen Entzerrung, und gegebenenfalls einer vor der Feinprüfung erfolgenden Drehung, Verzerrung oder stückweise affinen Transformation zugeführt und mit dem Referenzbild zur Deckung gebracht werden.

[0022] Um eine konkrete Aussage über die Art des bei der Herstellung, insbesondere beim Druck, entstandenen Fehlers zu ermöglichen, kann vorgesehen sein, dass bei der Grobprüfung eine Unterteilung der Klasse der als potentiell fehlerhaft erkannten Gegenstände nach Art des potentiell vorhandenen Fehlers in mehrere Unterklassen vorgenommen und jedes als fehlerhaft erkannte Digitalbild jeweils einer oder mehrerer dieser Unterklassen zugeordnet wird. Durch diese im Zuge der Fehlerklassifikation erhaltene Information ist es möglich, bestimmte Fehler bei der Herstellung neuer Gegenstände, insbesondere beim Druck von Druckwerken, zu vermeiden und Parameter bei der Herstellung anzupassen.

[0023] Um eine gleichmäßige Auslastung der Grobprüfung und der Feinprüfung zu erreichen, kann vorgesehen sein, dass immer genau so viele Gegenstände feingepprüft werden, dass die Feinprüfung vollständig ausgelastet ist, aber nicht überlastet ist. Dazu wird bei der Grobprüfung einer Vielzahl von Gegenständen der erste Schwellenwert derart eingestellt wird, dass ein bestimmter Anteil, insbesondere 3% bis 10%, der Gegenstände als potentiell fehlerhaft erkannt wird. Dieser Schwellenwert muss selbstverständlich laufend angepasst werden.

[0024] Der Anteil $1/n$ an Gegenständen, die der Feinprüfung zugeführt werden, errechnet sich daraus, um wieviel länger die Feinprüfung für einen Gegenstand benötigt als die Grobprüfung. n entspricht also entweder direkt dem Verhältnis der Dauer des Feinprüfungsverfahrens zur Dauer des Grobprüfungsverfahrens. Alternativ kann zum selben Zweck auch vorgesehen sein, dass n dem Verhältnis zwischen der Speichergröße des Digitalbilds bzw. des zu prüfenden Teilbildes zu der Speichergröße des reduzierten Digitalbilds entspricht. Durch

dieses Vorgehen kann vermieden werden, dass zu einem Zeitpunkt während des Prüfungsverfahrens die Feinprüfung mangels Prüfaufträgen unterbrochen wird.

[0025] Alternativ kann zum selben Zweck auch vorgesehen sein, dass bei der sequentiellen Prüfung einer Vielzahl von Gegenständen der erste Schwellenwert derart, insbesondere laufend, eingestellt wird, dass ein Anteil von $1/n$, insbesondere 3% bis 10%, der Gegenstände als "potentiell fehlerhaft" erkannt wird, wobei n dem Verhältnis der Dauer des Feinprüfungsverfahrens zur Dauer des Grobprüfungsverfahrens entspricht.

[0026] Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit zur rascheren Weiterverarbeitung, bei der die Feinprüfung auf im Rahmen der Grobprüfung getroffene Feststellungen zurückgreifen kann, sieht vor,

- dass bei Feststellung eines "potentiell fehlerhaften", einem reduzierten Digitalbild zugeordneten Gegenstands, bei der Grobprüfung erkannt wird, an welcher Position und/oder in welchem Bereich des reduzierten Digitalbilds ein Fehler aufgetreten ist und diese Position und/oder dieser Bereich zwischengespeichert wird, und
- dass bei der Feinprüfung des dem Gegenstand zugeordneten Digitalbilds die Feinprüfung, insbesondere ausschließlich in den zwischengespeicherten Bereich oder an der zwischengespeicherten Position, vorgenommen wird, wobei insbesondere in Abhängigkeit von dem Bereich und/oder von der Position eine unterschiedliche Feinprüfung ausgeführt wird.

[0027] Um zu vermeiden, dass hierbei Gegenstände mit minderer Qualität als fehlerfrei angesehen werden, kann vorgesehen sein, dass ein Mindestwert an Übereinstimmung vorgegeben wird und Gegenstände, deren Übereinstimmung mit dem reduzierten Referenzbild diesen Mindestwert unterschreiten, jedenfalls als potentiell fehlerhaft erkannt werden.

[0028] Um eine weitere Verteilung der Auslastung auf mehrere voneinander getrennt ablaufende Prüfungsstufen zu ermöglichen, kann vorgesehen sein, dass diejenigen Gegenstände, die im Zuge der Grobprüfung als potentiell fehlerhaft angesehen worden sind, einer oder mehreren sequentiellen Zwischenprüfungen unterzogen werden, bei der jeweils eine Zwischenklassifikation durchgeführt wird und lediglich solche Gegenstände der jeweils nachfolgenden Zwischenprüfung oder der Feinprüfung zugeführt werden, die nicht eindeutig als "fehlerfrei" oder "fehlerhaft" detektiert wurden.

[0029] Es kann zur Verteilung der Rechenlast über mehrere Rechner vorgesehen sein, dass die Gegenstände, insbesondere bei der Grobprüfung, nach potentieller Fehlerart klassifiziert werden, und jede sequentielle Zwischenprüfung eine separate Fehlerprüfung für nur eine ihr zugeordnete Fehlerart vornimmt und somit die Gegenstände, falls sie derselben Fehlerart wie die aktuelle Feinprüfung zugeordnet wurden, dementsprechend als

"fehlerhaft" oder "fehlerfrei" erkannt wird, andernfalls an den jeweils nächsten Zwischenspeicher gesendet wird.

[0030] Um zu vermeiden, dass zu viele Gegenstände der Feinprüfung zugeführt werden und es somit zu einem Stau oder einem Überlauf im Zwischenspeicher kommt, können einzelne im Zwischenspeicher befindliche Gegenstände als fehlerhaft klassifiziert werden und somit von der Feinprüfung ausgenommen werden.

[0031] Wenn zumindest eine Zwischenprüfung vorgesehen ist, so kann bei Überlauf bei einer der Zwischenprüfungen auch einzelne im Zwischenspeicher befindlichen Gegenstände an die nachfolgende Zwischen- oder Feinprüfung zugeführt werden ohne von der aktuellen Zwischenprüfung geprüft worden zu sein

[0032] Eine vorteilhafte, ressourcenschonende Ausgestaltung der Erfindung sieht vor,

- dass im Rahmen der Grobprüfung Zwischenergebnisse ermittelt werden, insbesondere eine oder mehrere der folgenden Größen:

a) die Ausrichtung und/oder Position des zu untersuchenden Gegenstands bei seiner Abbildung,

b) die Ausrichtung und/oder Position des Abbilds des Gegenstands im jeweiligen reduzierten Digitalbild ,

c) die Position und Ausrichtung einzelner Teilbereiche des Gegenstands , wie beispielsweise Sicherheitsfaden, Kinegramm, Passpunkte und Passstrecken im reduzierten Digitalbild ,

d) die durchschnittliche Helligkeit und/oder eine durch Kalibrierung im Bezug auf das reduzierte Digitalbild gewonnene Farbgewichtung oder Farbtransformation,

e) Korrekturfaktoren für die Entzerrung des Abbilds eines Gegenstands , der bei seiner Aufnahme aufgrund des Transports gebogen oder verzerrt wurde, sodass das Abbild des Gegenstands im Digitalbild oder im reduzierten Digitalbild verzerrt erscheint, und

- dass, sofern eine Feinprüfung des Gegenstands und/oder des für ihn erstellten Digitalbilds erforderlich wird, zumindest eines der erstellten Zwischenergebnisse bei der Feinprüfung zugrunde gelegt wird, wobei gegebenenfalls die betreffenden Größen auf Grundlage der Zwischenergebnisse verbessert oder verfeinert oder an das Digitalbild angepasst werden.

[0033] Durch diese Maßnahme ist es möglich, einzelne, bei der Grobprüfung ohnehin zwingend gewonnene Zwischenergebnisse für die Feinprüfung nutzbar zu machen und auf diese Weise eine raschere Verarbeitung bzw. eine Verkürzung der für die Feinprüfung erforderliche Zeit zu ermöglichen.

[0034] Eine vorteilhafte Aufteilung der Ressourcen

zwischen Grobprüfung und Feinprüfung sieht vor, dass dass mittels der Grobprüfung das potentielle Vorliegen eines Fehlers an sich detektiert wird und bei der Feinprüfung zusätzlich eine Klassifikation des Art der Fehlers und/oder der Schwere des Fehlers vorgenommen wird. Alternativ kann eine vorteilhafte Aufteilung auch vorgenommen werden, indem mittels der Grobprüfung eine Klassifikation der Art des Fehlers vorgenommen wird, und bei der Feinprüfung die Schwere des Fehlers entsprechend des Grads der Abweichung des Digitalbilds vom Referenz-Digitalbild ermittelt wird.

[0035] Durch Auswahl einer der beiden Maßnahmen ist es möglich, einen erhöhten Ressourcenbedarf von der Grobprüfung auf die Feinprüfung bzw. von der Feinprüfung auf die Grobprüfung zu verlagern.

[0036] Um einen Überlauf des Zwischenspeichers zu vermeiden, kann vorgesehen sein, dass bei Überlauf des Zwischenspeichers mindestens ein im Zwischenspeicher befindlicher Gegenstand als fehlerhaft klassifiziert und/oder verworfen wird.

[0037] Die Erfindung löst die vorstehend genannte Aufgabe bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 10.

[0038] Bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Prüfung von bedruckten Gegenständen, insbesondere von Druckwerken wie beispielsweise Banknoten sind vorgesehen:

a) eine Transporteinheit, insbesondere ein Förderband, zum Transport der Gegenstände,

b) eine Aufnahmeeinheit, deren Aufnahmebereich auf die auf der Transporteinheit befindlichen Gegenstände gerichtet ist und die für den Fall, dass sich ein Gegenstand in ihrem Aufnahmebereich befindet, ein Digitalbild erstellt,

c) eine der Aufnahmeeinheit nachgeschaltete Reduktionseinheit, der die erstellten Digitalbilder zugeführt werden und die das jeweilige Digitalbild hinsichtlich seiner Auflösung, insbesondere seiner Farbtiefe und/oder der Anzahl seiner Farbkanäle und/oder seiner örtlichen Auflösung, reduziert und derart ein reduziertes Digitalbild erstellt und dem jeweiligen Gegenstand zuordnet,

d) eine erste Recheneinheit zur Durchführung einer Grobprüfung der Gegenstände durch Vergleich des reduzierten Digitalbilds mit einem reduzierten Referenzbild und anschließender Grobklassifikation des Vergleichsergebnisses als "potentiell fehlerhaft" oder "fehlerfrei",

e) eine der Transporteinheit nachgeschaltete und von der ersten Recheneinheit gesteuerte erste Weiche zur Separation der Gegenstände gemäß ihrer Grobklassifikation,

f) eine zweite Recheneinheit zur Durchführung einer Feinprüfung der in der Grobprüfung als "potentiell fehlerhaft" klassifizierten Gegenstände durch Vergleich des dem jeweiligen Gegenstand zugeordnete

ten Digitalbilds mit einem Referenzbild und anschließender Feinklassifikation des Vergleichsergebnisses als "fehlerhaft" oder "fehlerfrei", und
g) eine der ersten Weiche nachgeschaltete und von der zweiten Recheneinheit gesteuerte zweite Weiche zur Separation der als "potentiell fehlerhaft" Gegenstände gemäß ihrer Feinklassifikation.

[0039] Hierdurch wird eine Feinprüfung nur dann erforderlich, wenn die zuvor erfolgte Grobprüfung kein eindeutiges Ergebnis geliefert hat. Dadurch kann der Aufwand, der mit der Feinprüfung verbunden ist, auf einen kleinen Anteil der Gegenstände bzw. Druckwerke reduziert werden.

[0040] Um eine vorteilhafte Separation nach der Grobprüfung zu erzielen, kann vorgesehen sein, dass die erste Recheneinheit zur Grobprüfung und Grobklassifikation eines an ihrem Eingang vorliegenden reduzierten Digitalbilds

- das reduzierte Digitalbild mit einem vorab vorgegebenen reduzierten Referenzbild vergleicht und einen der Übereinstimmung zwischen diesen reduzierten Bildern entsprechenden ersten Vergleichswert ermittelt,
- diesen ersten Vergleichswert mit einem vorgegebenen ersten Schwellenwert vergleicht,
- den Gegenstand als "fehlerfrei" klassifiziert, wenn der erste Vergleichswert eine höhere Übereinstimmung indiziert als der erste Schwellenwert,
- den Gegenstand andernfalls als "potentiell fehlerhaft" klassifiziert, und
- das so ermittelte Klassifikationsergebnis an ihrem Ausgang zur Verfügung hält.

[0041] Zur Ausscheidung von Gegenständen mit sehr schlechter Qualität kann vorgesehen sein, dass die erste Recheneinheit zur Grobprüfung und Grobklassifikation eines an ihrem Eingang vorliegenden reduzierten Digitalbilds den Gegenstand als "jedenfalls fehlerhaft" klassifiziert, wenn der erste Vergleichswert eine geringere Übereinstimmung indiziert als ein vorgegebener dritter Schwellenwert.

[0042] Um eine vorteilhafte Separation nach der Feinprüfung zu erzielen, kann vorgesehen sein, dass die zweite Recheneinheit zur Feinprüfung und Feinklassifikation eines an ihrem Eingang vorliegenden Digitalbilds

- das Digitalbild mit einem vorab vorgegebenen Referenzbild vergleicht und einen der Übereinstimmung zwischen diesen Bildern entsprechenden zweiten Vergleichswert ermittelt,
- diesen zweiten Vergleichswert mit einem vorgegebenen zweiten Schwellenwert vergleicht,
- den Gegenstand als "fehlerfrei" klassifiziert, wenn der zweite Vergleichswert eine höhere Übereinstimmung indiziert als der zweite Schwellenwert,
- den Gegenstand andernfalls als "fehlerhaft" klassi-

fiziert, und

- das so ermittelte Klassifikationsergebnis an ihrem Ausgang zur Verfügung hält.

5 **[0043]** Eine bevorzugte Anordnung der ersten Weiche sieht vor,

- dass die erste Weiche einen Eingang und zumindest zwei Ausgänge aufweist,
- 10 - dass der Eingang der ersten Weiche der Transporteinheit nachgeschaltet ist,
- dass der erste Ausgang der ersten Weiche über eine zweite Transporteinrichtung zu einem Behälter für fehlerfreie Gegenstände führt, und
- 15 - dass der zweite Ausgang der ersten Weiche über eine dritte Transporteinrichtung zur zweiten Weiche führt,
- dass die erste Weiche Gegenstände von ihrem Eingang zu ihrem ersten Ausgang transportiert, wenn
- 20 ihr das Grobklassifikationsergebnis "fehlerfrei" zugeführt ist, und
- dass die erste Weiche Gegenstände von ihrem Eingang zu ihrem zweiten Ausgang transportiert, wenn
- 25 ihr das Grobklassifikationsergebnis "potentiell fehlerhaft" zugeführt ist.

[0044] Eine bevorzugte Anordnung der zweiten Weiche sieht vor,

- 30 - dass die zweite Weiche einen Eingang und zumindest zwei Ausgänge aufweist,
- dass der Eingang der zweiten Weiche dem Ausgang der ersten Weiche für "potentiell fehlerhafte" Gegenstände nachgeschaltet ist,
- 35 - dass der erste Ausgang der zweiten Weiche über eine vierte Transporteinrichtung zu einem weiteren Behälter für fehlerfreie Gegenstände führt,
- dass der zweite Ausgang der zweiten Weiche über eine fünfte Transporteinrichtung zu einem weiteren Behälter für fehlerhafte Gegenstände führt,
- 40 - dass die zweite Weiche Gegenstände von ihrem Eingang zu ihrem ersten Ausgang transportiert, wenn ihr das Feinklassifikationsergebnis "fehlerfrei" zugeführt ist, und
- 45 - dass die zweite Weiche Gegenstände von ihrem Eingang zu ihrem zweiten Ausgang transportiert, wenn ihr das Feinklassifikationsergebnis "fehlerhaft" zugeführt ist.

50 **[0045]** Eine bevorzugte Anordnung der ersten Weiche sieht vor, dass zur Ausscheidung von Gegenständen mit sehr schlechter Qualität die erste Weiche einen dritten Ausgang aufweist, der über eine hierfür vorgesehene Transporteinrichtung zu einem Behälter für jedenfalls fehlerhafte Gegenstände führt

55 und dass die erste Weiche Gegenstände von ihrem Eingang zu ihrem dritten Ausgang transportiert, wenn ihr das Grobklassifikationsergebnis "jedenfalls fehlerhaft"

zugeführt ist.

[0046] Um das unregelmäßige Auftreten von potentiell fehlerhaften Gegenständen zu puffern und eine Überlastung der zweiten Recheneinheit zu vermeiden, kann vorgesehen sein, dass in der dritten Transporteinrichtung ein, insbesondere FIFO-, Zwischenspeicher vorgesehen ist, der

- von der ersten Weiche ausgehende Gegenstände zwischenlagert und
- diese Gegenstände auf Anfrage der zweiten Recheneinheit, insbesondere nach der Durchführung der Feinprüfung des betreffenden Gegenstands, über die dritte Transporteinrichtung der zweiten Weiche zuführt.

[0047] Eine einfache und effiziente Implementierung sieht vor, dass für die Grobprüfung und die Feinprüfung jeweils Programme mit denselben Prüfalgorithmen in der ersten Recheneinheit und der zweiten Recheneinheit abgespeichert sind, die an die jeweilige Auflösung der zu vergleichenden Digitalbilder und Referenzbilder angepasst sind.

[0048] Um eine vorzeitige Klassifikation von fehlerhaften Druckwerken als fehlerfrei auszuschließen, kann vorgesehen sein, dass der bei der Grobprüfung herangezogene erste Schwellenwert für die Unterscheidung zwischen fehlerfreien und potentiell fehlerhaften Bildern eine höhere Übereinstimmung indiziert als der bei der Feinprüfung verwendete zweite Schwellenwert.

[0049] Eine vorteilhafte, ressourcenschonende Ausgestaltung der Erfindung sieht vor,

- dass die erste Recheneinheit im Rahmen der Grobprüfung Zwischenergebnisse ermittelt werden, insbesondere ein oder mehrere der folgenden Größen:
 - a) die Ausrichtung und/oder Position des zu untersuchenden Gegenstands bei seiner Abbildung,
 - b) die Ausrichtung und/oder Position des Abbilds des Gegenstands im jeweiligen Digitalbild,
 - c) die Position und Ausrichtung einzelner Teilbereiche des Gegenstands, wie beispielsweise Sicherheitsfaden, Kinegramm, Passpunkte und Passstrecken,
 - d) die durchschnittliche Helligkeit und/oder eine durch Kalibrierung gewonnene Farbgewichtung oder Farbtransformation,
 - e) Korrekturfaktoren für die Entzerrung des Abbilds eines Gegenstands, der bei seiner Aufnahme aufgrund des Transports gebogen oder verzerrt wurde, sodass das Abbild des Gegenstands im Digitalbild verzerrt erscheint,
- dass die erste Recheneinheit die Zwischenergebnisse für den Fall, dass die Grobprüfung den Gegenstand als "potentiell fehlerhaft" klassifiziert, an die

zweite Recheneinheit weiterleitet, und

- dass die zweite Recheneinheit im Rahmen der Feinprüfung des Gegenstands und/oder des für ihn erstellten Digitalbilds, diese Zwischenergebnisse bei der Feinprüfung zugrunde legt und gegebenenfalls die betreffenden Größen auf Grundlage der Zwischenergebnisse verbessert oder verfeinert oder an das Digitalbild anpasst.

[0050] Durch diese Maßnahme ist es möglich, einzelne, bei der Grobprüfung ohnehin zwingend gewonnene Zwischenergebnisse für die Feinprüfung nutzbar zu machen und auf diese Weise eine raschere Verarbeitung bzw. eine Verkürzung der für die Feinprüfung erforderliche Zeit zu ermöglichen.

[0051] Eine weitere Alternativ- oder zusätzlich vorteilhafte Möglichkeit zur rascheren Weiterverarbeitung, bei der die Feinprüfung auf im Rahmen der Grobprüfung getroffene Feststellungen zurückgreifen kann, sieht vor, dass die erste Recheneinheit bei Feststellung eines "potentiell fehlerhaften", einem Gegenstand zugeordneten, reduzierten Digitalbilds zusätzlich detektiert, an welcher Position und/oder in welchem Bereich des reduzierten Digitalbilds ein Fehler aufgetreten ist und diese Position und/oder dieser Bereich zwischenspeichert und an die zweite Recheneinheit weiterleitet, und - dass die zweite Recheneinheit bei der Feinprüfung des dem Gegenstand zugeordneten Digitalbilds die Feinprüfung, insbesondere ausschließlich in den zwischengespeicherten Bereich oder an der zwischengespeicherten Position, durchführt und, insbesondere in Abhängigkeit von dem Betrieb und/oder von der Position eine unterschiedliche Feinprüfung, durchführt.

[0052] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sowie Varianten hiervon werden anhand der folgenden Zeichnungsfiguren näher dargestellt.

[0053] Fig. 2 zeigt schematisch eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung. Fig. 3 zeigt schematisch die Verteilung der Qualität von Druckwerken und die durch die Grobprüfung und Feinprüfung vorgenommene Separation der Druckwerke anhand der Druckqualität.

[0054] In Fig. 2 ist eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung dargestellt. Dieser Prüfvorrichtung ist eine Produktionseinheit 25 vorgeschaltet, die die zu prüfenden Gegenstände 1 erstellt. Alternativ ist es auch möglich, dass sich die zu prüfenden Gegenstände in einem Speicher befinden und der jeweiligen Prüfung zeitversetzt zugeführt werden.

[0055] Die Gegenstände 1 werden über eine Transportvorrichtung 22, die im vorliegenden Fall als Förderband ausgebildet ist, transportiert und gelangen auf ihrem Transport durch den Aufnahmebereich 21' einer Aufnahmeeinheit 21. Die Aufnahmeeinheit 21 erstellt vom jeweiligen Gegenstand 1 ein Digitalbild 2. Eine Reduktionseinheit 29 erstellt auf Grundlage des Digitalbilds 2 ein in seiner Auflösung reduziertes Digitalbild 3.

[0056] Die Reduktion der Auflösung kann nach unter-

schiedlichen Kriterien erfolgen, wobei lediglich die Reduktion der Datenmenge des reduzierten Digitalbilds 3 gegenüber dem Digitalbild 2 erforderlich ist. Insbesondere kann eine Reduktion der Auflösung durch die Verringerung der Pixelzahl erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann auch die Anzahl der Bildkanäle reduziert werden, beispielsweise kann das reduzierte Digitalbild 3 erstellt werden, indem die einzelnen einem Pixel zugehörigen Farbwerte gewichtet addiert und dem positionsmäßig entsprechenden Pixel des reduzierten Digitalbilds 3 zugewiesen werden. Auch kann vorgesehen werden, dass die Farbtiefe reduziert wird, d.h. dass die Diskretisierung, mit der einzelne Farbwerte aufgelöst sind, vergrößert wird. So kann etwa von einem Digitalbild 2, für das pro Farbkanal und Pixel jeweils 16 Bit zur Verfügung stehen, ein reduziertes Digitalbild 3 erstellt werden, für das pro Farbkanal und Pixel jeweils nur 4 oder 8 Bit zur Verfügung stehen.

[0057] Auch ist es möglich, einzelne Arten der Reduktion der Auflösung des Digitalbilds 2 miteinander zu kombinieren, d.h. beispielsweise die Anzahl der Pixelzeilen und Pixelspalten zu halbieren und zusätzlich die Anzahl der drei mit 16 Bit aufgelösten Farbkanäle auf einen mit 8 Bit aufgelösten Schwarz-Weißen Farbkanal zu reduzieren. Auf diese Art wird eine Reduktion der Bildinformation um einen Faktor 24 erreicht.

[0058] Die Reduktion der Auflösung des Digitalbilds 2 und die damit einhergehende Erstellung des reduzierten Digitalbilds 3 wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel von der Reduktionseinheit 29 durchgeführt, die der Aufnahmeeinheit 21 nachgeschaltet ist. Das reduzierte Digitalbild 3 wird einer ersten Recheneinheit 26a zugeführt, die eine Grobprüfung und Grobklassifikation des Gegenstands 1 bzw. des von ihm erstellten reduzierten Digitalbilds 3 vornimmt.

[0059] Alternativ kann aber auch das Digitalbild 2 der ersten Recheneinheit 26a zugeführt sein, wobei die Reduktionseinheit 29 als Teil der ersten Recheneinheit 26a ausgebildet ist, die das reduzierte Digitalbild 3 auf Grundlage des ihr zugeführten Digitalbilds 2 erstellt.

[0060] Weiters steht zur Prüfung des Gegenstands 1 ein Referenzbild 4 zur Verfügung, das hinsichtlich seiner Auflösung, seiner Farbtiefe und der verwendeten Kanäle dem bei der Aufnahme erwarteten Digitalbild 2 eines fehlerfreien Gegenstands 1 entspricht. Dieses Referenzbild 4 kann vorgegeben oder durch Aufnahme eines fehlerfreien Gegenstands erstellt werden. Alternativ kann das Referenzbild 4 auch durch ein statistisches Verfahren, beispielsweise durch Mittelung oder Medianbildung, der Werte von Digitalbildern mehrerer fehlerfreier Referenzgegenstände erstellt werden.

[0061] Weiters ist es auch möglich, für jedes Pixel jeweils einen minimalen und einen maximalen tolerierbaren Farb- bzw. Helligkeitswert festzulegen, oder analog für jeden Bildpunkt einen maximal zulässigen Abweichungswert vorzugeben.

[0062] Auf Grundlage des Referenzbilds 4 wird ein reduziertes Referenzbild 5 erstellt. Die Reduktion der Bild-

information des reduzierten Referenzbilds 5 wird dabei auf dieselbe Weise vorgenommen wie bei der Erstellung der reduzierten Digitalbilder 3 auf Grundlage der aufgenommenen Digitalbilder 2. Das reduzierte Referenzbild 5 wird in der ersten Recheneinheit 26a abgespeichert oder für diese sonst zum Abruf zur Verfügung gehalten.

[0063] Jedes bei der ersten Recheneinheit 26a einlangende oder von der ersten Recheneinheit 26a erstellte reduzierte Digitalbild 3 wird mit dem reduzierten Referenzbild 5 verglichen. Für den Vergleich kommen die im Zusammenhang mit dem Stand der Technik genannten Arten des Bildvergleichs in Frage. Insbesondere können zum Vergleich eines reduzierten Digitalbilds 3 mit dem reduzierten Referenzbild 5 Vergleichsverfahren, wie in den bereits zitierten Druckschriften beschrieben, verwendet werden. Als Ergebnis des Vergleichsverfahrens bei der Grobprüfung erhält man ein erstes Vergleichsergebnis V_1 in Form eines digitalen Zahlenwerts. Dieses erste Vergleichsergebnis V_1 wird mit einem ersten Schwellenwert S_1 verglichen. Indiziert das erste Vergleichsergebnis V_1 eine schlechtere Übereinstimmung des reduzierten Digitalbilds 3 mit dem reduzierten Referenzbild 5 als ein dem ersten Schwellenwert S_1 entsprechendes Vergleichsergebnis, so wird das jeweilige reduzierte Digitalbild 3 und damit auch der Gegenstand 1, von dem das jeweilige reduzierte Digitalbild 3 stammt, als potentiell fehlerhaft erkannt und angesehen. Andernfalls wird der Gegenstand 1 als fehlerfreier Gegenstand 1a erkannt und angesehen.

[0064] In diesem besonderen Ausführungsbeispiel der Erfindung wird zudem noch ein dritter Schwellenwert S_3 vorgegeben, der einem sehr schlechten Vergleichsergebnis entspricht. Indiziert das auf Grundlage des Vergleichs des reduzierten Digitalbilds 3 mit dem reduzierten Referenzbild 5 erzielte Vergleichsergebnis V_1 eine schlechtere Übereinstimmung als der dritte Schwellenwert S_3 , so wird der jeweilige Gegenstand 1, von dem das reduzierte Digitalbild 3 stammt, als "jedenfalls fehlerhafter" Gegenstand 1c angesehen. Eine solche Aussonderung jedenfalls fehlerhafter Gegenstände 1c durch die erste Recheneinheit 26a stellt lediglich eine besondere Weiterbildung der Erfindung zur Entlastung der noch darzustellenden Feinprüfung dar und braucht grundsätzlich nicht vorgesehen sein.

[0065] Auf die vorstehend beschriebene Art wird von der ersten Recheneinheit 26a für jeden der Gegenstände 1 jeweils eine Grobklassifikation in eine der Klassen "fehlerfrei" und "potentiell fehlerhaft" vorgenommen, wobei die Gegenstände gegebenenfalls auch noch weiteren Klassen, wie beispielsweise "jedenfalls fehlerhaft", zugeordnet werden können. Zudem ist auch die Vornahme von Unterklassifikationen wie "potentiell Druckfehler der Art Farbverlaufsfehler" oder "potentiell Druckfehler der Art Raketstreifen" als Unterklassen der Klasse "potentiell fehlerhaft" möglich. Diese Unterklassifikationen können genutzt werden, um eine Rückmeldung an die Produktionseinheit 25 - sofern vorhanden - zu veranlassen und entsprechende Nachjustierungen vorzunehmen.

[0066] Abhängig von der Klassifikation durch die erste Recheneinheit 26a wird von dieser eine erste Weiche 23a angesteuert. Erreicht der jeweilige Gegenstand 1 die erste Weiche 23a, so wird abhängig von seiner Klassifikation die Weiche 23a gestellt, sodass der Gegenstand 1 auf eine der den jeweiligen durch die Klassifikation vorgegebenen Klassen zugeordneten Transporteinheiten 22a, 22b, 22c gelangt. Die erste Weiche 23a wie auch die später dargestellte zweite Weiche 23b weisen jeweils eine Weichenstelleinheit auf, die die jeweilige Weiche 23a, 23b jeweils in die von der jeweiligen Recheneinheit 26a, 26b vorgegebene Position bringt und eine Separation der zugeführten Gegenstände 1, 1b ermöglicht.

[0067] Die erste Weiche 23a weist einen Eingang und zumindest zwei Ausgänge auf. Der Eingang der ersten Weiche 23a ist der Transporteinheit 22 nachgeschaltet. Der erste Ausgang der ersten Weiche 23a führt über eine zweite Transporteinrichtung 22a zu einem Behälter 27a für fehlerfreie Gegenstände 1a. Der zweite Ausgang der ersten Weiche 23a führt über eine dritte Transporteinrichtung 22b zur zweiten Weiche 23b. Die erste Weiche 23a ist, wie bereits erwähnt, von der ersten Recheneinheit 26a gesteuert. Die erste Weiche 23a transportiert Gegenstände 1 von ihrem Eingang zu ihrem ersten Ausgang, wenn ihr das Grobklassifikationsergebnis "fehlerfrei" zugeführt ist. Wird der Gegenstand 1 als fehlerfrei klassifiziert, so wird er über eine erste Transporteinheit 22a zu einem Behälter 27a für fehlerfreie Gegenstände 1a befördert und in diesem zur Verfügung gehalten.

[0068] Die erste Weiche 23a transportiert Gegenstände 1 von ihrem Eingang zu ihrem zweiten Ausgang, wenn ihr das Grobklassifikationsergebnis "potentiell fehlerhaft" zugeführt ist. Wird der Gegenstand 1 als "potentiell fehlerhaft" klassifiziert, so wird er über eine zweite Transporteinheit 22b zu einem Zwischenspeicher 24 für potentiell fehlerhafte Gegenstände 1 b befördert und in diesem zur Verfügung gehalten. Der Zwischenspeicher 24 hat die Aufgabe, das unregelmäßige Einlangen von als "potentiell fehlerhaft" klassifizierten Gegenständen 1b zu puffern und solche Gegenstände 1b regelmäßig zur Verfügung zu stellen, ohne dass eine Überlastung der zweiten Recheneinheit 26b bei der Feinprüfung der Gegenstände 1 b vorliegt.

[0069] Die erste Weiche 23a weist in dieser bevorzugten Ausführungsform der Erfindung einen dritten Ausgang auf und transportiert Gegenstände 1 von ihrem Eingang zu ihrem dritten Ausgang, wenn ihr das Grobklassifikationsergebnis "jedenfalls fehlerhaft" zugeführt ist. Die als "jedenfalls fehlerhaft" erkannten Gegenstände 1c werden, sofern die von der Recheneinheit 26a vorgenommene Klassifikation eine solche Klasse zur Verfügung stellt, über eine hierfür vorgesehene Transporteinrichtung 22c zu einem Behälter 27c für jedenfalls fehlerhafte Gegenstände 1c befördert und in diesem gespeichert, allenfalls verworfen oder vernichtet. Wie bereits erwähnt, sind diese Einrichtungen, insbesondere ein Behälter 27c für jedenfalls fehlerhafte Gegenstände 1 c sowie die zu diesem führende Transporteinrichtung 22c

kein zwingender Bestandteil der Erfindung.

[0070] Die erste Weiche 23a weist somit eine der Anzahl der von der Klassifikation der ersten Recheneinheit 26a zur Verfügung gestellten Klassen entsprechende Anzahl von Ausgängen auf. Je nach Zuordnung des jeweiligen Gegenstands 1 zu einer der Klassen wird die Stellung der ersten Weiche 23a entsprechend gewählt, sodass die jeweils unterschiedlich klassifizierten Gegenstände gemäß ihrer Klassifikation getrennt werden.

[0071] Um bei der Steuerung der ersten Weiche 23a durch die erste Recheneinheit 26a eine eindeutige Zuordnung zwischen dem jeweiligen Gegenstand 1 und dem von ihm erstellten reduzierten Digitalbild 3 sowie dem ermittelten ersten Vergleichsergebnis V_1 und der Klassifikation zu erhalten, werden zumindest die jeweiligen ersten Vergleichsergebnisse V_1 in einem FIFO-Speicher der ersten Recheneinheit 26a abgelegt. Gelangt nun ein Gegenstand 1 zur ersten Weiche 23a, so wird der älteste in den FIFO-Speicher geschriebene Wert aus diesem ausgelesen und die erste Weiche 23a entsprechend diesem Wert gestellt. Der Wert wird anschließend aus dem FIFO-Speicher gelöscht.

[0072] Im Rahmen einer Feinprüfung werden die als "potentiell fehlerhaft" klassifizierten Gegenstände 1b von einer zweiten Recheneinheit 26b erneut überprüft. Diese potentiell fehlerhaften Gegenstände 1b werden, wie bereits erwähnt, in einem dem zweiten Ausgang der ersten Weiche 23b nachgeschalteten Zwischenspeicher 24 zur Verfügung gehalten.

[0073] Weiters werden die den als potentiell fehlerhaft klassifizierten Gegenständen zugeordneten Digitalbilder 2 an die zweite Recheneinheit 26b übergeben und in dieser nach dem FIFO-Prinzip, d.h. in der Reihenfolge ihres Einlangens, abgearbeitet. Die Reihenfolge der Abarbeitung der Feinprüfung der Digitalbilder 2 entspricht hierbei der Reihenfolge der Gegenstände 1 b im Zwischenspeicher.

[0074] Alternativ besteht auch die Möglichkeit, dass der zweiten Recheneinheit 26b die Digitalbilder 2 aller zu prüfenden Gegenstände 1 zugeführt werden. In diesem Fall verwirft die Recheneinheit 26b die Digitalbilder 2 der nicht als "potentiell fehlerhaft" klassifizierten Gegenstände 1a, 1c und bearbeitet lediglich die Digitalbilder 2 der als "potentiell fehlerhaft" klassifizierten Gegenstände 1b.

[0075] Die zweite Recheneinheit 26b führt die Feinklassifikation auf Grundlage eines Vergleichs des von der Aufnahmeeinheit 21 erstellten Digitalbilds 2 mit einem Referenzbild 4 durch. Hierfür wird ein Referenzbild 4 zur Verfügung gestellt, das hinsichtlich der Auflösung, der Anzahl der verwendeten Kanäle und der Farbtiefe dem erwarteten Digitalbild eines fehlerfreien Gegenstands 1 entspricht.

[0076] In der vorliegenden Ausführungsform der Erfindung vergleicht die zweite Recheneinheit 26b das Digitalbild 2 des Gegenstands 1 mit dem Referenzbild 4 auf dieselbe Weise wie die erste Recheneinheit 26a das reduzierte Digitalbild 3 mit dem reduzierten Referenzbild 5

vergleicht. Der einzige Unterschied zwischen dem auf der ersten und der zweiten Recheneinheit 26a, 26b durchgeführten Vergleichsvorgang liegt darin, dass die zweite Recheneinheit 26b einen zweiten Vergleichswert V_2 mit der vollen Bildauflösung ermittelt. Dieser zweite Vergleichswert V_2 wird mit einem zweiten Schwellenwert S_2 verglichen und es wird eine Feinklassifikation vorgenommen, wobei der jeweilige Gegenstand 1b bei einem Vergleichsergebnis V_2 , das eine schlechtere Übereinstimmung indiziert als der zweite Schwellenwert S_2 , als "fehlerhafter" Gegenstand 1c', andernfalls aber als "fehlerfreier" Gegenstand 1a' klassifiziert wird.

[0077] Grundsätzlich können für die Grobprüfung und die Feinprüfung Vergleichsverfahren herangezogen werden, die sich ausschließlich hinsichtlich der verwendeten Auflösung unterscheiden.

[0078] Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn für die Feinprüfung mehrere unterschiedliche Prüfverfahren zur Verfügung stehen, die an unterschiedliche Arten von Fehlern angepasst sind. Wird in der Grobprüfung eine Unterklassifikation nach potentiellen Fehlerarten vorgenommen, so kann abhängig von der im Zuge der Grobklassifikation erfolgten Unterklassifikation jeweils eine speziell auf den vermuteten Fehler zugeschnittene Feinprüfung durchgeführt werden. Wird beispielsweise in der Grobklassifikation ein Gegenstand als "potentiell fehlerhaft" angesehen, wobei eine Unterklassifikation "potentieller Druckfehler der Art Rakelstreifen" vorgenommen wird, kann die Feinprüfung ein Prüfverfahren verwenden, das gezielt das Vorliegen von Rakelstreifen untersucht. Zusätzlich kann der Grobklassifikation noch die geschätzte Position des jeweiligen Fehlers hinzugefügt und als Parameter der Feinklassifikation herangezogen werden.

[0079] Ist die Feinklassifikation eines potentiell fehlerhaften Gegenstands 1b beendet, werden die dem Zwischenspeicher 24 zugeführten Gegenstände 1b auf Anforderung der zweiten Recheneinheit 26b einer zweiten Weiche 23b zugeführt, die ebenfalls von der zweiten Recheneinheit 26b gesteuert ist.

[0080] Auf die vorstehend beschriebene Art wird von der zweiten Recheneinheit 26b für jeden der Gegenstände 1 jeweils eine Feinklassifikation in eine der Klassen "fehlerfrei" und "fehlerhaft" vorgenommen, wobei die Gegenstände gegebenenfalls auch noch weiteren Klassen zugeordnet werden können. Zudem ist auch die Vornahme von Unterklassifikationen wie "Druckfehler der Art Farbverlaufsfehler" oder "Druckfehler der Art Rakelstreifen" als Unterklassen der Klasse "fehlerhaft" möglich. Diese Unterklassifikationen können genutzt werden, um eine Rückmeldung an die Produktionseinheit 25 - sofern vorhanden - zu veranlassen und entsprechende Nachjustierungen vorzunehmen.

[0081] Entsprechend der jeweiligen Feinklassifikation separiert die zweite Weiche 23b die aus dem Zwischenspeicher 24 beförderten Gegenstände 1b nach ihrer Klassifikation in "fehlerfreie" Gegenstände 1a' und "fehlerhafte" Gegenstände 1c', indem sie diese auf jeweils

unterschiedliche Transporteinheiten 28a, 28c leitet.

[0082] Die zweite Weiche 23b weist im vorliegenden Ausführungsbeispiel einen Eingang und zwei Ausgänge auf, wobei zusätzlich noch für jedes mögliche Klassifikationsergebnis der Feinklassifikation ein weiterer Ausgang vorgesehen sein kann. Der Eingang der zweiten Weiche 23b ist dem Ausgang der ersten Weiche 23a für "potentiell fehlerhafte" Gegenstände 1 über die dritte Transporteinheit 22b nachgeschaltet.

[0083] Der erste Ausgang der zweiten Weiche 23b führt über eine vierte Transporteinrichtung 28a zu einem weiteren Behälter 27a' für fehlerfreie Gegenstände 1a'. Der zweite Ausgang der zweiten Weiche 23b führt über eine fünfte Transporteinrichtung 28c zu einem weiteren Behälter 27c' für fehlerhafte Gegenstände 1c'. Die zweite Weiche 23b transportiert Gegenstände 1 von ihrem Eingang zu ihrem ersten Ausgang, wenn ihr das Feinklassifikationsergebnis "fehlerfrei" von der zweiten Recheneinheit 26b zugeführt ist. Die zweite Weiche 23b transportiert Gegenstände 1 von ihrem Eingang zu ihrem zweiten Ausgang, wenn ihr das Feinklassifikationsergebnis "fehlerhaft" von der zweiten Recheneinheit 26b zugeführt ist.

[0084] Derart als "fehlerfrei" klassifizierte Gegenstände 1a' werden über die vierte Transporteinheit 28a zum weiteren Behälter 27a' für fehlerfreie Gegenstände 1a' transportiert und in diesem gespeichert und zur Verfügung gehalten. Derart als "fehlerhaft" klassifizierte Gegenstände 1c' werden über die fünfte Transporteinheit 28c zum Behälter 27c' für fehlerhafte Gegenstände 1c' transportiert und in diesem gespeichert und zur Verfügung gehalten.

[0085] Um bei der Steuerung der zweiten Weiche 23b durch die zweite Recheneinheit 26b eine eindeutige Zuordnung zwischen dem jeweiligen Gegenstand 1b und dem von ihm erstellten Digitalbild 2 sowie dem ermittelten zweiten Vergleichsergebnis V_2 und der Klassifikation zu erhalten, werden zumindest die jeweiligen zweiten Vergleichsergebnisse V_2 in einem weiteren FIFO-Speicher der zweiten Recheneinheit 26b abgelegt. Gelangt nun ein Gegenstand 1b zur zweiten Weiche 23b, so wird der zuerst in den weiteren FIFO-Speicher geschriebene Wert aus diesem ausgelesen und die zweite Weiche 23b entsprechend diesem Wert gestellt. Der Wert wird anschließend aus dem weiteren FIFO-Speicher gelöscht.

[0086] In Fig. 3 ist schematisch die Einstellung des ersten und des zweiten Schwellenwerts S_1 , S_2 dargestellt. Fig. 3 zeigt auf der Ordinate die Wahrscheinlichkeit, dass ein Gegenstand 1 eine bestimmte Übereinstimmung mit einem idealen Referenzgegenstand aufweist. Die Abszisse zeigt die jeweilige Übereinstimmung, wobei der Vergleichswert V_1 , $V_2 = 0$ eine ideale Übereinstimmung indiziert. Je größer der jeweilige Vergleichswert V_1 , V_2 ist, desto schlechter ist die Übereinstimmung zwischen dem jeweiligen Digitalbild 2,3 und dem zugehörigen Referenzbild 4,5.

[0087] Auf der Abszisse ist ein Grenzwert T dargestellt, der der Qualität entspricht, den ein Gegenstand 1 im

schlechtesten Fall aufweisen darf, um als fehlerfrei klassifiziert zu werden. Aufgrund der mit unterschiedlichem Aufwand erfolgenden Prüfung der Übereinstimmung des jeweiligen Digitalbilds 2, 3 mit dem Referenzbild 4, 5 durch die erste und zweite Recheneinheit 26a, 26b weist der von der zweiten Recheneinheit 26b ermittelte zweite Vergleichswert V_2 eine größere Genauigkeit als der von der ersten Recheneinheit 26a ermittelte erste Vergleichswert V_1 auf.

[0088] Die Ungenauigkeit, mit der die Grobprüfung behaftet ist, wird mit dem ersten Intervall I_1 dargestellt, wobei die qualitativ schlechteste Grenze, hier die obere, dieses ersten Intervalls I_1 dem Grenzwert T entspricht. Hierdurch wird sichergestellt, dass kein Gegenstand 1 bei der ersten Klassifikation als fehlerfrei klassifiziert wird, der eine schlechtere Qualität aufweist als durch den Grenzwert T indiziert wird. Hierzu wird der erste Schwellenwert S_1 auf einen Wert $S_1 = T - I_1/2$ gesetzt, der um die jeweilige halbe Intervallbreite des ersten Intervalls I_1 gegenüber dem Grenzwert T verschoben ist. Für alternative Vergleichsmaße, bei denen ein hoher erster Vergleichswert V_1 eine gute Übereinstimmung indiziert, gilt entsprechend $S_1 = T + I_1/2$.

[0089] Ebenso wird der bei der Feinprüfung verwendete zweite Schwellenwert S_2 auf einen Wert $S_2 = T - I_2/2$ gesetzt, der um die jeweilige halbe Intervallbreite des ersten Intervalls I_2 gegenüber dem Grenzwert T verschoben ist. Für alternative Vergleichsmaße, bei denen ein hoher zweiter Vergleichswert V_2 eine gute Übereinstimmung indiziert, gilt entsprechend $S_2 = T + I_2/2$. Da die Feinprüfung wesentlich genauer ist, weist auch das zweite Intervall I_2 eine geringere Intervallbreite auf als das erste Intervall I_1 . Aufgrund der größeren Ungenauigkeit bei der Bestimmung des ersten Vergleichswerts V_1 gegenüber der Bestimmung des zweiten Vergleichswerts V_2 liegt der zweite Schwellenwert S_2 näher beim Grenzwert T als der erste Schwellenwert S_1 , wodurch bei der Feinprüfung eine präzisere Gut/Schlecht-Aussage erzielt wird.

[0090] Die Breite des ersten Intervalls I_1 entspricht in diesem Ausführungsbeispiel der Fehlerstreuung des bei der Grobprüfung vorgenommenen Vergleichs. Die Breite des zweiten Intervalls I_2 entspricht in diesem Ausführungsbeispiel der gegenüber der Grobprüfung geringeren Fehlerstreuung des bei der Feinprüfung vorgenommenen Vergleichs. Im vorliegenden Beispiel wurde angenommen, dass die Intervalle symmetrisch um die jeweiligen Schwellenwerte S_1 , S_2 , S_3 liegen.

[0091] Der schräg schraffierte Flächenbereich unter der Kurve zeigt den maximal zu erwartenden Anteil der im Zuge der Feinprüfung zu prüfenden Gegenstände an. Je enger die Intervallgrenzen des ersten Intervalls I_1 gewählt werden, desto weniger Gegenstände brauchen der Feinprüfung unterzogen werden, desto aufwändiger wird allerdings auch die Grobprüfung.

[0092] Wird gemäß der eingangs dargestellten besonderen Ausführungsform der Erfindung bei der Grobprüfung eine Klassifikation der Gegenstände 1 in "fehlerfrei",

"potentiell fehlerhaft" und "jedenfalls fehlerhaft" vorgenommen, so kann ein dritter Schwellenwert S_3 wie nachstehend dargestellt ausgewählt werden. Um zu vermeiden, dass reduzierte Digitalbilder 2, 3 von fehlerfreien Gegenständen 1, die durch die Grobprüfung als potentiell fehlerhaft erkannt worden sind oder bei denen $V_1 > S_1$ ist, verworfen werden, wird der dritte Schwellenwert $S_3 = T + I_1'/2$ derart festgelegt, dass er um zumindest die Intervallbreite $I_1'/2$ schlechter, hier größer, gewählt wird als der Grenzwert T . Für alternative Vergleichsmaße, bei denen ein hoher erster Vergleichswert V_1 eine gute Übereinstimmung indiziert, gilt entsprechend $S_3 = T - I_1'/2$. Die Breite des dritten Intervalls I_1' entspricht in diesem Ausführungsbeispiel der Breite des ersten Intervalls I_1 , d.h. der Fehlerstreuung des bei der Grobprüfung vorgenommenen Vergleichs. Sofern bei der Grobprüfung auch eine Klassifikation nach jedenfalls fehlerhaften Gegenständen 1c durchgeführt wird, verringert sich dieser Anteil noch um den vertikal schraffierten Flächenbereich unter der Kurve. Um zu vermeiden, dass fehlerfreie Gegenstände 1 als "jedenfalls fehlerhaft" detektiert werden, werden die Intervallbreiten des ersten und dritten Intervalls wie folgt festgelegt: $I_1' \geq I_1$.

[0093] Besonders vorteilhaft kann folgendes alternative adaptive Vorgehen zur Schaffung einer gleichmäßigen Auslastung zwischen der ersten Recheneinheit 26a und der zweiten Recheneinheit 26b eingesetzt werden. Ist beispielsweise bekannt, dass die Feinprüfung eines Digitalbilds 2 etwa n -mal so lange dauert wie die Grobprüfung eines reduzierten Digitalbilds 3, so kann der erste Schwellenwert S_1' alternativ so gewählt werden, dass durchschnittlich jedes n -te reduzierte Digitalbild 2 als potentiell fehlerhaft erkannt wird. Zu diesem Zweck kann der adaptive erste Schwellenwert S_1' in einem Intervall zwischen einer optimalen Qualität $S_{\max}$ und dem ersten Schwellenwert S_1 festgelegt werden. Für das verwendete Vergleichsmaß, bei dem ein niedriger erster Vergleichswert V_1 eine gute Übereinstimmung indiziert, gilt entsprechend $S_{\max} < S_1' < S_1 = T - I_1/2$. Für alternative Vergleichsmaße, bei denen ein hoher erster Vergleichswert V_1 eine gute Übereinstimmung indiziert, gilt entsprechend $S_{\max} > S_1' > S_1 = T + I_1/2$. Hierbei entspricht S_1 einem Mindestwert an Übereinstimmung.

[0094] Werden zu wenige reduzierte Digitalbilder 3 als potentiell fehlerhaft erkannt bzw. klassifiziert, wird der adaptive erste Schwellenwert S_1' innerhalb des vorgegebenen Intervalls auf einen eine größere Übereinstimmung indizierenden Wert adaptiert, sodass nach dieser Änderung mehr reduzierte Digitalbilder 3 als potentiell fehlerhaft klassifiziert werden. Umgekehrt wird der adaptive erste Schwellenwert S_1' bei einer zu großen Anzahl von als potentiell fehlerhaft erkannten bzw. klassifizierten reduzierten Digitalbildern 3 so adaptiert, dass nach dieser Änderung weniger reduzierte Digitalbilder 3 als potentiell fehlerhaft klassifiziert werden.

[0095] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird der erste Schwellenwert S_1 adaptiv festgelegt, indem vorgegeben wird, dass lediglich 4% der von der ersten Re-

cheneinheit 26a klassifizierten Digitalbilder als "potentiell fehlerhaft" klassifiziert werden. Wenn, wie zuvor ausgeführt, die Anzahl der als "potentiell fehlerhaft" klassifizierten Gegenstände 1b bei etwa 4% der insgesamt zu prüfenden Gegenstände 1 liegt, so steht für eine echtzeitfähige Feinklassifikation mit der Recheneinheit 26b für jeden der Gegenstände 1b etwa die 25-fache Zeit zur Feinprüfung zur Verfügung.

[0096] Um einen besonders genauen Vergleich zu ermöglichen, werden in einer besonderen Ausführungsform der Erfindung die reduzierten Digitalbilder 3 vor der Grobprüfung einer stückweise affinen Transformation zugeführt und mit dem reduzierten Referenzbild 5 zur Deckung gebracht. Ein solches Vorgehen ist aus dem Stand der Technik bekannt und wird von der ersten Recheneinheit 26a vorgenommen.

[0097] Ebenso können zur Verbesserung des Vergleichs die Digitalbilder 2 vor der Feinprüfung einer nicht-linearen Entzerrung, und gegebenenfalls einer vorher oder nachher erfolgenden Drehung, Verzerrung und oder stückweise affinen Transformation, zugeführt und mit dem Referenzbild 4 zur Deckung gebracht werden. Dies ist ebenfalls aus dem Stand der Technik bekannt und wird von der zweiten Recheneinheit 26b vorgenommen.

[0098] Selbstverständlich ist es auch möglich, zwischen der Grobprüfung und der Feinprüfung mehrere sequentielle Zwischenprüfungen durchzuführen. Gegenstände, die im Zuge der Grobprüfung als potentiell fehlerhaft angesehen worden sind, werden nacheinander den einzelnen Zwischenprüfungen unterzogen. An jede der Zwischenprüfungen schließt jeweils eine Zwischenklassifikation an, wobei lediglich solche Gegenstände der jeweils nachfolgenden Zwischenprüfung oder der Feinprüfung zugeführt werden, die nicht eindeutig als "fehlerfrei" oder "fehlerhaft" detektiert wurden.

[0099] Im Folgenden werden weitere Verbesserungen der Erfindung dargestellt, die in Kombination mit allen erfindungsgemäß dargestellten Ausführungsformen verwendbar sind.

[0100] Eine erste wesentliche Verbesserung der Erfindung liegt darin, Ergebnisse, die im Rahmen der Grobprüfung ermittelt wurden, nicht gleich wieder zu verwerfen, sondern diese Ergebnisse auch im Rahmen der Feinprüfung weiter zu verwenden. Bei der Grobprüfung ist es typischerweise erforderlich, Messgrößen zu ermitteln, die für einen bestimmten Gegenstand bzw. für das für den Gegenstand erstellte reduzierte Digitalbild 3 eine bestimmte Aussage treffen. Hierbei kann es sich um eine Vielzahl unterschiedlicher Zwischen- und Endergebnisse handeln, die, abhängig vom jeweils verwendeten Feinprüfungsverfahren, auch im Rahmen der Feinprüfung sonst separat bestimmt werden müssten. Darüber bestünde das Problem, dass diese Werte anhand der wesentlich größeren Digitalbilder 2 ermittelt werden müssten, was im Unterschied zur Ermittlung anhand der reduzierten Digitalbilder 3 zu einem wesentlich erhöhten Ressourcenbedarf führten würde. Es ist daher von Vorteil, diese im Rahmen der Grobprüfung erlangten Mess-

werte, auch wenn diese auf Grundlage einer geringeren und eventuell weniger genauen Datenbasis ermittelt werden, bei der Feinprüfung weiter zu verwenden und gegebenenfalls noch zu verfeinern.

[0101] Dies kann beispielsweise genutzt werden, wenn sowohl für die Grobprüfung des reduzierten Digitalbilds 3 als auch für die Feinprüfung des Digitalbilds 2 die relative Drehung eines zu untersuchenden Gegenstands 1, wie beispielsweise einer Banknote, gegenüber der ihn aufnehmenden Bildaufnahmeeinheit zu ermitteln ist. Je nach Art der Transporteinrichtung 22 kann es vorkommen, dass der zu untersuchende Gegenstand 1 gegenüber der ihn aufnehmenden Bildaufnahmeeinheit um einen bestimmten Winkel verdreht ist, was dazu führt, dass auch das Abbild des Gegenstands 1 im Digitalbild 2 bzw. im reduzierten Digitalbild 3 verdreht erscheint. Bei vielen Grobprüfungsverfahren ist es daher erforderlich, das Abbild des Gegenstands 1 im reduzierten Digitalbild 3 zu drehen, sodass dessen Außenkanten beispielsweise zu den Kanten des reduzierten Digitalbilds 3 parallel sind. In diesem Zusammenhang wird üblicherweise ein Drehwinkel oder eine Transformation ermittelt, die das jeweilige Abbild des Gegenstands 1 im reduzierten Digitalbild 3 ausrichtet. Eine solche Detektion hat, abhängig von der Größe des reduzierten Digitalbilds 3 einen bestimmten Ressourcenbedarf. Bei der Feinprüfung, bei der das volle Digitalbild 2 untersucht werden müsste, besteht je nach Art des Digitalbilds, insbesondere bei höherer Auflösung, schon allein deswegen ein höherer Ressourcenbedarf, da mehr Pixel für die Bestimmung der Verdrehung des Abbilds des Gegenstands 1 im Digitalbild 2 berücksichtigt werden müssten. Ist jedoch der im Zuge der Grobprüfung detektierte Winkel bereits bekannt, so kann dieser etwa gemeinsam mit dem Digitalbild 2 des jeweiligen Gegenstands 1 abgespeichert werden und der Feinprüfung als zusätzlicher Wert neben dem Digitalbild 2 übergeben und von der Feinprüfung weiter genutzt werden. Bei der Feinprüfung kann einerseits die im Rahmen der Grobprüfung erkannte Verdrehung des Abbilds des Gegenstands 1 gegenüber dem reduzierten Digitalbild 3 genutzt werden, um das Abbild des Gegenstands 1 im Digitalbild 2 entsprechend zu verdrehen, sodass dieses im Digitalbild 2 beispielsweise parallel zu den Kanten des Digitalbilds 2 ausgerichtet ist. Andererseits könnte das vorliegende Vorgehen dahingehend verbessert werden, dass, insbesondere bei erhöhter Auflösung des Bilds, eine genauere Detektion möglich ist, die in einem iterativen Verfahren bestimmbar ist. In diesem Fall kann der aus der Grobprüfung ermittelte Zwischenwert einen Startpunkt für das iterative Verfahren bilden, sodass der tatsächliche Wert für die Verdrehung des Abbilds des Gegenstands 1 im Digitalbild mit weniger Iterationsschritten erreicht werden kann.

[0102] Auch wenn die Weiterbenutzung von Zwischenergebnissen aus der Grobprüfung für die Feinprüfung vorstehend anhand der Verdrehung bzw. der Position des Abbilds des zu untersuchenden Gegenstands 1 im Digitalbild 2 bzw. im reduzierten Digitalbild 3 beschrieben

wurde, können sämtliche im Rahmen der Grobprüfung ermittelten Zwischenergebnisse, sofern sie für das Feinprüfungsverfahren relevant sind, auch der Feinprüfung zugrunde gelegt und allenfalls iterativ verbessert werden. Neben der Ausrichtung des Abbilds des Gegenstands 1 im Digitalbild 2 bzw. im reduzierten Digitalbild 3 kann auch die Position des jeweiligen Gegenstands 1 gegenüber der Bildaufnahmeeinheit bzw. die Position des Abbilds des Gegenstands 1 im Digitalbild 2 bzw. im reduzierten Digitalbild 3 je nach Aufnahme variieren. Es ist somit, wie bei der Detektion der Ausrichtung, auch bei der Detektion der Position des zu untersuchenden Gegenstands 1 möglich, die im Rahmen der Grobprüfung erkannte Position für die Feinprüfung weiter zu verwenden.

[0103] Von besonderem Vorteil ist dabei allgemein, dass das für die Grobprüfung verwendete, reduzierte Digitalbild 3 und das für die Feinprüfung verwendete Digitalbild 2 gleichzeitig von der Bildaufnahmeeinheit 21 erstellt wurden und somit einen gleichen Ursprung haben.

[0104] Einige Verfahren zur Grob- bzw. Feinprüfung ermitteln auch die Position einzelner Teilbereiche des Gegenstands 1 sowie die Position der Abbilder dieser Teilbereiche des Gegenstands 1 im Digitalbild 2 bzw. im reduzierten Digitalbild 3. Auch in einer solchen Konstellation kann es von Vorteil sein, während der Grobprüfung den bereits einmal ermittelten Bereich des Gegenstands 1 für die Feinprüfung weiter zu verwenden. Sofern die Auflösung des reduzierten Digitalbilds 3 nicht der Auflösung des Digitalbilds 2 entspricht, wird die Position bzw. der Bereich entsprechend der Abbildung des Digitalbilds 2 auf das reduzierte Digitalbild 3 geändert. Typischerweise wird hierbei die Position und eventuell auch die Ausrichtung von Sicherheitsfäden, Kinegrammen, Passpunkten und Passstrecken, die im Rahmen der Grobprüfung ermittelt wurden, bei der Feinprüfung weiter verwendet. Auch bei diesen Zwischenergebnissen ist es selbstverständlich möglich, im Rahmen der Feinprüfung eine zusätzliche iterative Verfeinerung dieser Werte auf Grundlage der im Rahmen der Grobprüfung ermittelten Zwischenergebnisse vorzunehmen.

[0105] Aufgrund der raschen Transportgeschwindigkeit kann es insbesondere bei sehr dünnen Gegenständen, wie z.B. bedruckten Papier oder Banknoten, dazu kommen, dass die Gegenstände während der Fortbewegung aufgrund von aerodynamischen Effekten flattern oder verbogen werden. Dies kann dazu führen, dass die Abbildung des Gegenstands nicht vollkommen verzerrungsfrei erfolgt, sondern dass aufgrund der Verbiegung oder aufgrund des Flatterns des Gegenstands einzelne Bereiche des Gegenstands im Digitalbild 2 bzw. im reduzierten Digitalbild 3 unterschiedlich groß bzw. eventuell gestaucht oder gestreckt erscheinen. Ist das grundsätzliche Aussehen eines Gegenstands 1 prinzipiell bekannt, so kann aufgrund von aus dem Stand der Technik bekannter Verfahren eine Transformation gefunden werden, die das verzerrt aufgenommene Digitalbild 2 oder das reduzierte Digitalbild 3 entsprechend entzerrt, so-

dass im Digitalbild 2 bzw. im reduzierten Digitalbild 3 nach der Verzerrung ein Abbild des Gegenstands 1 enthalten ist, das diesen unverzerrt wiedergibt. Wird im Rahmen der Grobprüfung eine solche entzerrnde Transformation gefunden, so kann diese prinzipiell auch im Rahmen der Feinprüfung weiterverwendet werden. Für den Fall, dass die Auflösung beim Digitalbild 2 und beim reduzierten Digitalbild 3 unterschiedlich ist, wird diese Transformation entsprechend auf den größeren Bildbereich des Digitalbilds 2 angepasst. Wiederum besteht die Möglichkeit, die vorgenommene Entzerrung des reduzierten Digitalbilds 3 als Ausgangspunkt für eine iterative Verbesserung einer verbesserten Entzerrung für das Digitalbild 2 heranzuziehen. Wie bereits erwähnt, ist es in diesem Zusammenhang möglich, das reduzierte Digitalbild 3 mittels einer stückweise affinen Transformation zu entzerren und diese stückweise affine Transformation der Berechnung einer nichtlinearen Transformation zur Entzerrung des Abbilds auf dem Digitalbild 2 zugrunde zu legen. Ein solches Vorgehen ist insbesondere dann besonders vorteilhaft, wenn das Digitalbild 2 und das reduzierte Digitalbild 3 unterschiedlich aufgelöst sind.

[0106] Darüber hinaus können im Rahmen der Grobprüfung auch weitere Zwischenergebnisse gewonnen werden, die insbesondere die Helligkeit und Farbe des aufgenommenen Gegenstands betreffen. Vor allem dann, wenn bei der Aufnahme des Gegenstands 1 die Beleuchtung flackert oder unterschiedlich hell ist, kann es von Vorteil sein, vorab einen Farbabgleich vorzunehmen und erst anschließend die eigentliche Grobprüfung, bei der ein Vergleich mit dem reduzierten Referenzdigitalbild 5 vorgenommen wird, durchzuführen. In diesem Fall wird eine Farbtransformation gewonnen, die auf sämtliche Pixel des reduzierten Digitalbilds 3 angewendet wird. Unter Farbtransformation wird beispielsweise die Anwendung eines Farbprofils oder eine lineare Transformation jedes einzelnen Farbkanals umfassend Gain und Offset verstanden. Da das reduzierte Digitalbild 3 erfindungsgemäß aus dem Digitalbild 2 erstellt wird, sind auch durch Lichtflackern oder unterschiedliche Beleuchtung erzielte Einflüsse auf das erstellte Digitalbild 2 und auf das daraus erstellte reduzierte Digitalbild 3 dieselben. Es kann somit, insbesondere dann wenn dieselbe Farbtiefen und dieselben Farbkanäle verwendet werden, die Farbtransformation für das reduzierte Digitalbild 3 identisch für das Digitalbild 2 herangezogen werden. Andernfalls kann die für das Digitalbild 2 passende Farbtransformation aus der für das reduzierte Digitalbild 3 erstellte Farbtransformation berechnet werden und muss nicht gänzlich neu ermittelt werden.

[0107] Sofern im Rahmen der Grobprüfung und im Rahmen der Feinprüfung dieselben oder ähnliche Schritte vorgenommen werden, die eine ähnliche Farbvorverarbeitung erfordern, kann die Farbtransformation, die bei der Prüfung des reduzierten Digitalbilds 3 etwa durch Kalibrierung gewonnen wurde, auch bei der Prüfung des Digitalbilds 2 im Rahmen der Feinprüfung verwendet werden.

[0108] Auch wenn nur einige Beispiele aufgezählt wurden, ist die Weiterverwendung von Zwischenergebnissen der Grobprüfung für die Feinprüfung allgemein möglich. Auch Ergebnisse wie beispielsweise die Position oder der Bereich, in dem ein Fehler aufgetreten ist, können derart weiterverwendet werden, was eine erneute Lokalisation des Fehlers erspart.

[0109] Wie bereits erwähnt, ist es möglich, die einzelnen Prüfungsschritte kaskadenartig aneinander zu fügen. Bei dem im Folgenden dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist neben der Grobprüfung eine Vielzahl von weiteren Feinprüfungen vorgesehen. Für jede Feinprüfung ist jeweils eine Prüfungsstufe umfassend jeweils eine Weiche sowie ein Zwischenspeicher und eine Recheneinheit vorgesehen. Die aus im Zuge der Grobprüfung für die Feinprüfung markierten bzw. vorgesehenen Gegenstände 1 werden in einem ersten Zwischenspeicher der ersten Feinprüfungseinheit gelagert. Diesem Zwischenspeicher ist eine Weiche nachgeschaltet, die den jeweiligen Gegenstand entweder in die Feinprüfung führt, wobei die Feinprüfung von einer Recheneinheit vorgenommen wird, oder aber in die nächste Feinprüfungsstufe weiterführt. Hier wird der Gegenstand 1 wiederum in den Zwischenspeicher dieser Feinprüfungsstufe geleitet; an diesen Zwischenspeicher schließt wiederum eine Weiche an, usw.

[0110] Ein mögliches Ausführungsbeispiel dieser kaskadenartigen Prüfungsschritte ist das folgende: Bei der Grobprüfung wird eine Klassifikation nach dem potentiell auftretenden Fehler vorgenommen. Jede der Prüfungsstufen ist für die Feinprüfung jeweils eines der aufgefundenen Fehler zuständig. Für jeden Gegenstand 1, der der Feinprüfung zugeführt wird, wird neben dem Digitalbild 2 auch die entsprechende Fehlerklasse mitgespeichert und der Feinprüfung zugeführt. Sofern der Gegenstand 1 einer Prüfungsstufe zugeführt wird, die derselben Fehlerklasse zugeordnet ist, wie er selbst, befördert die Weiche der betreffenden Prüfungsstufe den Gegenstand zu der der Prüfungsstufe zugeordneten Recheneinheit, die für diese spezielle Fehlerklasse die Feinprüfung durchführt. Genügt der Gegenstand 1 der Feinprüfung, so wird er von einer weiteren, der Prüfungsstufe zugeordneten Weiche zu den fehlerfreien Gegenständen weitergeleitet, andernfalls wird er zu den fehlerhaften Gegenständen weitergeleitet.

[0111] Für den Fall, dass dem Gegenstand 1 eine andere Fehlerklasse zugeordnet wurde, als der Feinprüfungsstufe, in der er sich befindet, wird der Gegenstand 1 zur jeweils nächsten Feinprüfungsstufe von der jeweiligen Weiche weitergeleitet, bis er schließlich zu der Feinprüfungsstufe gelangt, die ihn auf denjenigen Fehler hin überprüft, der ihn im Rahmen der Grobprüfung zugewiesen wurde.

[0112] Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel der Erfindung detektiert die erste Feinprüfung Gegenstände mit sehr schweren Fehlern. Die Gegenstände mit sehr schweren Fehlern werden zu einem Speicher für fehlerhafte Gegenständen weitergeleitet, alle anderen Gegen-

stände 1 werden zu einer nächsten Feinprüfungsstufe weitergeleitet, die Gegenstände 1 mit etwas weniger schweren Fehlern detektiert, etc. Je kleiner die Abweichung vom Referenzbild und je geringer der Fehler, desto schwieriger ist es, diese Fehler zu entdecken. Es ist daher vorteilhaft, wenn jede weitere Feinprüfung immer weniger Gegenstände prüfen muss und daher einerseits mehr Zeit zur Verfügung hat und andererseits zusätzlich auf Grund der vorherigen Prüfungen mehr Zwischenergebnisse.

[0113] Ganz allgemein kann die Vornahme der Fehlerklassifikation sowohl im Rahmen der Grobprüfung als auch im Rahmen der Feinprüfung vorgenommen werden. Darüber hinaus ist es auch möglich, im Rahmen der Feinprüfung, eventuell auch im Rahmen der Grobprüfung, eine Bestimmung der Schwere des jeweiligen Fehlers vorzunehmen, wobei hierbei ermittelt wird, wie stark sich das jeweilige Digitalbild 2 vom Referenz-Digitalbild 4 unterscheidet.

[0114] In der Druckinspektion ist es oftmals üblich zwischen Fehlern unterschiedlicher Schwere zu unterscheiden, z.B. gibt es eine Spezifikation für sehr schwere Fehler und diese werden als Fehler der Klasse A bezeichnet. Etwas geringere Fehler werden als B-Fehler bezeichnet etc. Zwischen dem Lieferanten, z.B. einer Druckerei, und dem Abnehmer kann vereinbart werden, dass die Lieferung z.B. keine A-Fehler enthalten darf, jedoch einige Promille B-Fehler und einige Prozente C-Fehler.

[0115] Die Kenntnis um die Klassifikation von Fehlern nach ihrer Art und/oder ihrer Schwere ist daher für eine Druckerei vorteilhaft. Die Anwendung der Klassifikation ist aber zumeist rechenaufwändig. Die vorliegende Erfindung ermöglicht dennoch diese Anforderung von Druckereien.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Prüfung von bedruckten Gegenständen (1), insbesondere von Druckwerken wie beispielsweise Banknoten, wobei

a) von dem jeweiligen zu prüfenden Gegenstand (1) ein Digitalbild (2) erstellt und dem jeweiligen Gegenstand (1) zugeordnet wird,

b) das Digitalbild (2) hinsichtlich seiner Auflösung, insbesondere seiner Farbtiefe, der Anzahl seiner Farbkanäle sowie seiner örtlichen Auflösung, reduziert wird und derart ein reduziertes Digitalbild (3) erstellt und dem jeweiligen Gegenstand (1) zugeordnet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**

c) im Rahmen einer Grobprüfung ein Vergleich des reduzierten Digitalbilds (3) mit zumindest einem reduzierten Referenzbild (5) durchgeführt wird,

d) das reduzierte Digitalbild (3) im Falle einer vorgegebenen ersten Schwellenwert (S_1)

übersteigenden Übereinstimmung als zu einem fehlerfreien Gegenstand (1) gehörig erkannt und die Überprüfung des jeweiligen Gegenstands (1) beendet wird,

e) der Gegenstand im Falle einer den ersten Schwellenwert nicht übersteigenden Übereinstimmung des reduzierten Digitalbilds (3) mit dem reduzierten Referenzbild (5) als potentiell fehlerhaft eingestuft wird,

f) für den Fall, dass ein Gegenstand (1) als potentiell fehlerhaft eingestuft wurde, der Gegenstand einer Feinprüfung unterzogen wird, wobei für den Gegenstand (1) das ihm jeweils zugeordnete Digitalbild (2) herangezogen und dieses Digitalbild (2) mit zumindest einem Referenzbild (4) verglichen wird, wobei der Gegenstand (1) im Falle einer einen zweiten Schwellenwert übersteigenden Übereinstimmung als "fehlerfrei", andernfalls als "fehlerhaft" klassifiziert wird,

g) dass die zu untersuchenden Gegenstände (1) vor und/oder während ihrer Aufnahme relativ zu der die Aufnahme durchführenden Aufnahmeeinheit (11), insbesondere mit einer Transportvorrichtung (22), vorzugsweise mit einer Förder- einrichtung, befördert werden,

h) dass die Gegenstände (1) nach ihrer Grob- prüfung hinsichtlich des Prüfungsergebnisses, insbesondere mit einer ersten Weiche (23a), se- pariert, und die als potentiell fehlerhaft erkannt- en Gegenstände (1) in einen Zwischenspeicher (24) überführt werden, und

i) dass die im Zwischenspeicher (24) befindli- chen Gegenstände (1) nach Durchführung der Feinprüfung einer zweiten Weiche (23b) zuge- führt und entsprechend ihrer Klassifikation se- pariert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekenn- zeichnet, dass**

a) bei der Grobprüfung der Gegenstände (1), deren zugeordnete reduzierte Digitalbilder (3) eine einen dritten Schwellenwert (S_3) unter- schreitende Übereinstimmung mit dem redu- zierten Referenzbild (5) aufweisen, als "jeden- falls fehlerhaft" erkannt und klassifiziert werden, und dass insbesondere

b) Gegenstände, die bei der Grobprüfung als "jedenfalls fehlerhaft" detektiert wurden oder eindeutig als "fehlerhaft" detektiert werden, se- pariert oder ausgesondert und nicht der Fein- prüfung zugeführt werden, und/oder aus- schließlich diejenigen Gegenstände (1) deren Vergleich keine endgültige Zuordnung als "je- denfalls fehlerhaft" oder "fehlerfrei" ermöglicht, der Feinprüfung zugeführt werden.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprü- che, **dadurch gekennzeichnet, dass**

a) bei der Grobprüfung und der Feinprüfung je- weils idente oder unterschiedliche Prüfalgorithm- en verwendet werden, die an die jeweilige Auf- lösung der zu vergleichenden Bilder (2, 3, 4, 5) angepasst werden, und/oder

b) der bei der Grobprüfung herangezogene ers- te Schwellenwert (S_1) für die Unterscheidung zwischen fehlerfreien und potentiell fehlerhaften reduzierten Digitalbildern (4) eine höhere Über- einstimmung indiziert als der bei der Feinprü- fung verwendete zweite Schwellenwert (S_2), und/oder

c) bei der Erstellung des reduzierten Digitalbilds (3) und/oder des reduzierten Referenzbilds (5) die Auflösung des Digitalbilds (2) und/oder des Referenzbilds (4) verringert wird, indem

c1) die örtliche Auflösung des jeweiligen Bil- des verringert wird und/oder

c2) einzelne Farbkanäle miteinander kom- biniert werden, insbesondere indem das je- weilige Bild von Farbe in Schwarz-Weiß oder Graustufen umgerechnet wird und/oder

c3) indem die Auflösungstiefe der einzelnen Farbkanäle reduziert wird, und/oder

d) dass vor der Erstellung des reduzierten Digi- talbilds (3) ein Filter auf das Digitalbild (2) an- gewendet wird, insbesondere ein Kantenfilter oder ein Glättungsfilter.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprü- che, **dadurch gekennzeichnet, dass**

a) die reduzierten Digitalbilder (3) vor der Grob- prüfung einer stückweise affinen Transformati- on zugeführt und mit dem reduzierten Referenz- bild (5) zur Deckung gebracht werden, und/oder

b) die Digitalbilder (2) vor der Feinprüfung einer nichtlinearen Entzerrung, und/oder einer vor der Feinprüfung erfolgenden Drehung, Verzerrung oder stückweise affinen Transformation zuge- führt und mit dem Referenzbild (4) zur Deckung gebracht werden, und/oder

c) bei der Grobprüfung eine Unterteilung der Klasse der als "potentiell fehlerhaft" erkannten Gegenstände (1) nach Art des potentiell vorhan- denen Fehlers in mehrere Unterklassen vorge- nommen und jedes als "fehlerhaft" erkannte Di- gitalbild (2) jeweils einer oder mehrerer dieser Unterklassen zugeordnet wird, wobei insbeson- dere

d) bei der Feinklassifikation für die als "potentiell fehlerhaft" erkannten Gegenstände (1) abhän-

gig von der jeweiligen Unterklasse, der der Gegenstand (1) zugeordnet wurde, ein der jeweiligen Unterklasse zugeordnetes und an den jeweils potentiell vorhandenen Fehler angepasstes Prüfverfahren ausgeführt wird.

5

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,

- **dass** bei Feststellung eines "potentiell fehlerhaften", einem reduzierten Digitalbild (3) zugeordneten Gegenstands (1), bei der Grobprüfung erkannt wird, an welcher Position und/oder in welchem Bereich des reduzierten Digitalbilds (3) ein Fehler aufgetreten ist und diese Position und/oder dieser Bereich zwischengespeichert wird, und

10

- **dass** bei der Feinprüfung des dem Gegenstand (1) zugeordneten Digitalbilds (2) die Feinprüfung, insbesondere ausschließlich in den zwischengespeicherten Bereich oder an der zwischengespeicherten Position, vorgenommen wird, wobei insbesondere in Abhängigkeit von dem Bereich und/oder von der Position eine unterschiedliche Feinprüfung ausgeführt wird.

15

20

25

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- bei der sequentiellen Prüfung einer Vielzahl von Gegenständen der erste Schwellenwert derart, insbesondere laufend, eingestellt wird, dass ein Anteil von $1/n$, insbesondere 3% bis 10%, der Gegenstände als "potentiell fehlerhaft" erkannt wird,

30

- wobei n

35

a) dem Verhältnis zwischen der Speichergröße des Digitalbilds (2) und/oder des zu prüfenden Teilbildes des Digitalbildes (2) zu der Speichergröße des reduzierten Digitalbilds (3), oder

40

b) dem Verhältnis der Dauer des Feinprüfungsverfahrens zur Dauer des Grobprüfungsverfahrens

45

entspricht.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** diejenigen Gegenstände (1), die im Zuge der Grobprüfung als "potentiell fehlerhaft" angesehen worden sind, einer oder mehreren sequentiellen Zwischenprüfungen unterzogen werden, bei der vorzugsweise jeweils eine Zwischenklassifikation durchgeführt wird, und wobei

50

55

a) bei den einzelnen Zwischenprüfungen ledig-

lich solche Gegenstände (1) der jeweils nachfolgenden Zwischenprüfung oder der Feinprüfung zugeführt werden, die nicht eindeutig als "fehlerfrei" oder "jedenfalls fehlerhaft" detektiert wurden und/oder

b) die Gegenstände (1), insbesondere bei der Grobprüfung, nach potentieller Fehlerart klassifiziert werden, und jede sequentielle Zwischenprüfung eine separate Fehlerprüfung für nur eine ihr zugeordnete Fehlerart vornimmt und somit die Gegenstände, falls sie derselben Fehlerart wie die aktuelle Feinprüfung zugeordnet wurden, dementsprechend als "fehlerhaft" oder "fehlerfrei" erkannt wird, andernfalls an den jeweils nächsten Zwischenspeicher gesendet wird und/oder

c) bei Überlauf des Zwischenspeichers (24) oder eines die noch nicht verarbeiteten Digitalbilder (2) enthaltendes Datenspeichers mindestens ein im Zwischenspeicher (24) befindlicher Gegenstand als fehlerhaft klassifiziert und/oder verworfen wird und/oder der jeweils nachfolgenden Zwischenprüfung zugeführt wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,

- **dass** im Rahmen der Grobprüfung Zwischenergebnisse ermittelt werden, insbesondere eine oder mehrere der folgenden Größen:

a) die Ausrichtung und/oder Position des zu untersuchenden Gegenstands (1) bei seiner Abbildung,

b) die Ausrichtung und/oder Position des Abbilds des Gegenstands (1) im jeweiligen reduzierten Digitalbild (3),

c) die Position und Ausrichtung einzelner Teilbereiche des Gegenstands (1), wie beispielsweise Sicherheitsfaden, Kinegramm, Passpunkte und Passstrecken im reduzierten Digitalbild (3),

d) die durchschnittliche Helligkeit und/oder eine durch Kalibrierung im Bezug auf das reduzierte Digitalbild (3) gewonnene Farbgebung oder Farbtransformation,

e) Korrekturfaktoren für die Entzerrung des Abbilds eines Gegenstands (1), der bei seiner Aufnahme aufgrund des Transports gebogen oder verzerrt wurde, sodass das Abbild des Gegenstands (1) im Digitalbild (2) oder im reduzierten Digitalbild (3) verzerrt erscheint, und

- **dass**, sofern eine Feinprüfung des Gegenstands (1) und/oder des für ihn erstellten Digitalbilds (2) erforderlich wird, zumindest eines der erstellten Zwischenergebnisse bei der Fein-

prüfung zugrunde gelegt wird, wobei gegebenenfalls die betreffenden Größen auf Grundlage der Zwischenergebnisse verbessert oder verfeinert oder an das Digitalbild (2) angepasst werden.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,

- **dass** mittels der Grobprüfung das potentielle Vorliegen eines Fehlers an sich detektiert wird und bei der Feinprüfung zusätzlich eine Klassifikation des Art der Fehlers und/oder der Schwere des Fehlers vorgenommen wird, und/oder
- **dass** mittels der Grobprüfung eine Klassifikation der Art des Fehlers vorgenommen wird, und bei der Feinprüfung die Schwere des Fehlers entsprechend des Grads der Abweichung des Digitalbilds (2) vom Referenz-Digitalbild (4) ermittelt wird.

10. Vorrichtung zur Prüfung von bedruckten Gegenständen (1), insbesondere von Druckwerken wie beispielsweise Banknoten, umfassend

- a) eine Transporteinheit (22), insbesondere ein Förderband, zum Transport der Gegenstände (1),
- b) eine Aufnahmeeinheit (21), deren Aufnahmebereich (21') auf die auf der Transporteinheit (22) befindlichen Gegenstände (1) gerichtet ist und die für den Fall, dass sich ein Gegenstand (1) in ihrem Aufnahmebereich (21') befindet, ein Digitalbild (2) erstellt,
- c) eine der Aufnahmeeinheit (21) nachgeschaltete Reduktionseinheit (29), der die erstellten Digitalbilder (2) zugeführt werden und die das jeweilige Digitalbild (2) hinsichtlich seiner Auflösung, insbesondere seiner Farbtiefe und/oder der Anzahl seiner Farbkanäle und/oder seiner örtlichen Auflösung, reduziert und derart ein reduziertes Digitalbild (3) erstellt und dem jeweiligen Gegenstand (1) zuordnet,
- d) eine erste Recheneinheit (26a) zur Durchführung einer Grobprüfung der Gegenstände (1) durch Vergleich des reduzierten Digitalbilds (3) mit einem reduzierten Referenzbild (5) und anschließender Grobklassifikation des Vergleichsergebnisses (V_1) als "potentiell fehlerhaft" oder "fehlerfrei",
- e) eine der Transporteinheit nachgeschaltete und von der ersten Recheneinheit (26a) gesteuerte erste Weiche (23a) zur Separation der Gegenstände (1) gemäß ihrer Grobklassifikation,
- f) eine zweite Recheneinheit (26b) zur Durchführung einer Feinprüfung der in der Grobprüfung als "potentiell fehlerhaft" klassifizierten Gegenstände (1) durch Vergleich des dem jeweili-

gen Gegenstand (1) zugeordneten Digitalbilds (2) mit einem Referenzbild (4) und anschließender Feinklassifikation des Vergleichsergebnisses (V_2) als "fehlerhaft" oder "fehlerfrei", und g) eine der ersten Weiche nachgeschaltete und von der zweiten Recheneinheit (26a) gesteuerte zweite Weiche (23b) zur Separation der als "potentiell fehlerhaft" erkannten Gegenstände (1b) gemäß ihrer Feinklassifikation.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass**

a) die erste Recheneinheit (26a) zur Grobprüfung und Grobklassifikation eines an ihrem Eingang vorliegenden reduzierten Digitalbilds (3)

- das reduzierte Digitalbild (3) mit einem vorab vorgegebenen reduzierten Referenzbild (5) vergleicht und einen der Übereinstimmung zwischen diesen reduzierten Bildern (3, 5) entsprechenden ersten Vergleichswert (V_1) ermittelt,

- diesen ersten Vergleichswert (V_1) mit einem vorgegebenen ersten Schwellenwert (S_1) vergleicht,

- den Gegenstand (1) als "fehlerfrei" klassifiziert, wenn der erste Vergleichswert (V_1) eine höhere Übereinstimmung indiziert als der erste Schwellenwert (S_1),

- den Gegenstand (1) andernfalls als "potentiell fehlerhaft" klassifiziert, und

- das so ermittelte Klassifikationsergebnis an ihrem Ausgang zur Verfügung hält, und/oder

b) die erste Recheneinheit (26a) zur Grobprüfung und Grobklassifikation eines an ihrem Eingang vorliegenden reduzierten Digitalbilds (3) den Gegenstand (1) als "jedenfalls fehlerhaft" klassifiziert, wenn der erste Vergleichswert (V_1) eine geringere Übereinstimmung indiziert als ein vorgegebener dritter Schwellenwert (S_3).

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Recheneinheit (26b) zur Feinprüfung und der Feinklassifikation eines an ihrem Eingang vorliegenden Digitalbilds (2)

- das Digitalbild (2) mit einem vorab vorgegebenen Referenzbild (4) vergleicht und einen der Übereinstimmung zwischen diesen Bildern (2, 4) entsprechenden zweiten Vergleichswert (V_2) ermittelt,

- diesen zweiten Vergleichswert (V_2) mit einem vorgegebenen zweiten Schwellenwert (S_2) vergleicht,

- den Gegenstand (1) als "fehlerfrei" klassifiziert, wenn der zweite Vergleichswert (V_2) eine höhere Übereinstimmung indiziert als der zweite Schwellenwert (S_2),
 - den Gegenstand (1) andernfalls als "fehlerhaft" klassifiziert, und
 - das so ermittelte Klassifikationsergebnis an ihrem Ausgang zur Verfügung hält.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Weiche (23a) einen Eingang und zumindest zwei Ausgänge aufweist,
- dass der Eingang der ersten Weiche (23a) der Transporteinheit (22) nachgeschaltet ist,
 - dass der erste Ausgang der ersten Weiche (23a) über eine zweite Transporteinrichtung (22a) zu einem Behälter (27a) für fehlerfreie Gegenstände (1 a) führt,
 - dass der zweite Ausgang der ersten Weiche (23a) über eine dritte Transporteinrichtung (22b) zur zweiten Weiche (23b) führt,
 - dass die erste Weiche (23a) Gegenstände (1) von ihrem Eingang zu ihrem ersten Ausgang transportiert, wenn ihr das Grobklassifikationsergebnis "fehlerfrei" zugeführt ist, und
 - dass die erste Weiche (23a) Gegenstände (1) von ihrem Eingang zu ihrem zweiten Ausgang transportiert, wenn ihr das Grobklassifikationsergebnis "potentiell fehlerhaft" zugeführt ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Weiche (23b) einen Eingang und zumindest zwei Ausgänge aufweist,
- dass der Eingang der zweiten Weiche (23b) dem Ausgang der ersten Weiche (23a) für "potentiell fehlerhafte" Gegenstände (1) nachgeschaltet ist,
 - dass der erste Ausgang der zweiten Weiche (23b) über eine vierte Transporteinrichtung (28a) zu einem weiteren Behälter (27a') für fehlerfreie Gegenstände (1 a') führt,
 - dass der zweite Ausgang der zweiten Weiche (23b) über eine fünfte Transporteinrichtung (28c) zu einem weiteren Behälter (27c') für fehlerhafte Gegenstände (1c') führt,
 - dass die zweite Weiche (23b) Gegenstände (1) von ihrem Eingang zu ihrem ersten Ausgang transportiert, wenn ihr das Feinklassifikationsergebnis "fehlerfrei" zugeführt ist, und
 - dass die zweite Weiche (23b) Gegenstände (1) von ihrem Eingang zu ihrem zweiten Ausgang transportiert, wenn ihr das Feinklassifikationsergebnis "fehlerhaft" zugeführt ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet,**
- **dass** die erste Weiche (23a) einen dritten Ausgang aufweist, der über eine hierfür vorgesehene Transporteinrichtung (22c) zu einem Behälter (27c) für jedenfalls fehlerhafte Gegenstände führt und dass die erste Weiche (23a) Gegenstände (1) von ihrem Eingang zu ihrem dritten Ausgang transportiert, wenn ihr das Grobklassifikationsergebnis "jedenfalls fehlerhaft" zugeführt ist und/oder
 - **dass** in der dritten Transporteinrichtung (22b) ein, insbesondere FIFO-, Zwischenspeicher (24) vorgesehen ist, der
 - von der ersten Weiche (23a) ausgehende Gegenstände (1 b) zwischenlagert und
 - diese Gegenstände (1b) auf Anfrage der zweiten Recheneinheit (26b), insbesondere nach der Durchführung der Feinprüfung des betreffenden Gegenstands (1 b), über die dritte Transporteinrichtung (22b) der zweiten Weiche (23b) zuführt.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- a) für die Grobprüfung und die Feinprüfung jeweils Programme mit denselben Prüfalgorithmen in der ersten Recheneinheit (26a) und der zweiten Recheneinheit (26b) abgespeichert sind, die an die jeweilige Auflösung der zu vergleichenden Digitalbilder (2, 3) und Referenzbilder (4, 5) angepasst sind, und/oder
 b) der bei der Grobprüfung herangezogene erste Schwellenwert (S_1) für die Unterscheidung zwischen fehlerfreien und potentiell fehlerhaften Bildern eine höhere Übereinstimmung indiziert als der bei der Feinprüfung verwendete zweite Schwellenwert (S_2), und/oder
 c) die erste Recheneinheit (26a) bei der Grobprüfung eine Unterklassifikation der Klasse "potentiell fehlerhaft" abhängig von der Art des vermuteten Fehlers vornimmt und die jeweils ermittelte Unterklasse an die zweite Recheneinheit (26b) übermittelt, und die zweite Recheneinheit (26b) eine Feinprüfung durchführt, wobei sie abhängig von der an sie übermittelten Unterklasse ein Feinprüfverfahren auswählt, das an den der jeweiligen Unterklasse zugeordneten vermuteten Fehler angepasst ist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 16, **dadurch gekennzeichnet,**
- **dass** die erste Recheneinheit (26a) im Rahmen der Grobprüfung Zwischenergebnisse ermittelt werden, insbesondere ein oder mehrere

der folgenden Größen:

- a) die Ausrichtung und/oder Position des zu untersuchenden Gegenstands bei seiner Abbildung, 5
- b) die Ausrichtung und/oder Position des Abbilds des Gegenstands im jeweiligen Digitalbild,
- c) die Position und Ausrichtung einzelner Teilbereiche des Gegenstands (1), wie beispielsweise Sicherheitsfaden, Kinegramm, Passpunkte und Passstrecken, 10
- d) die durchschnittliche Helligkeit und/oder eine durch Kalibrierung gewonnene Farbgebung oder Farbtransformation, 15
- e) Korrekturfaktoren für die Entzerrung des Abbilds eines Gegenstands (1), der bei seiner Aufnahme aufgrund des Transports gebogen oder verzerrt wurde, sodass das Abbild des Gegenstands (1) im Digitalbild (2) 20 verzerrt erscheint,

- **dass** die erste Recheneinheit (26a) die Zwischenergebnisse für den Fall, dass die Grobprüfung den Gegenstand (1) als "potentiell fehlerhaft" klassifiziert, an die zweite Recheneinheit (26b) weiterleitet, und 25
- **dass** die zweite Recheneinheit (26b) im Rahmen der Feinprüfung des Gegenstands (1) und/oder des für ihn erstellten Digitalbilds (2), diese Zwischenergebnisse bei der Feinprüfung zugrunde legt und gegebenenfalls die betreffenden Größen auf Grundlage der Zwischenergebnisse verbessert oder verfeinert oder an das Digitalbild (2) anpasst. 30 35

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet,

- **dass** die erste Recheneinheit (26a) bei Feststellung eines "potentiell fehlerhaften", einem Gegenstand (1) zugeordneten, reduzierten Digitalbilds (3) zusätzlich detektiert, an welcher Position und/oder in welchem Bereich des reduzierten Digitalbilds (3) ein Fehler aufgetreten ist und diese Position und/oder dieser Bereich zwischenspeichert und an die zweite Recheneinheit (26b) weiterleitet, und 40 45
- **dass** die zweite Recheneinheit (26b) bei der Feinprüfung des dem Gegenstand (1) zugeordneten Digitalbilds (2) die Feinprüfung, insbesondere ausschließlich in den zwischengespeicherten Bereich oder an der zwischengespeicherten Position, durchführt und, insbesondere in Abhängigkeit von dem Betrieb und/oder von der Position eine unterschiedliche Feinprüfung, durchführt. 50 55

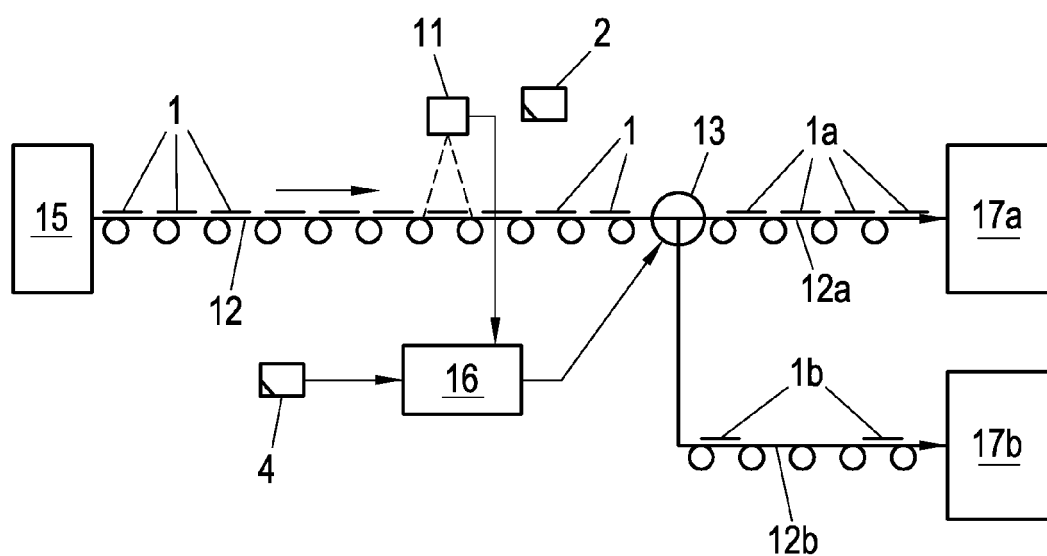


Fig. 1

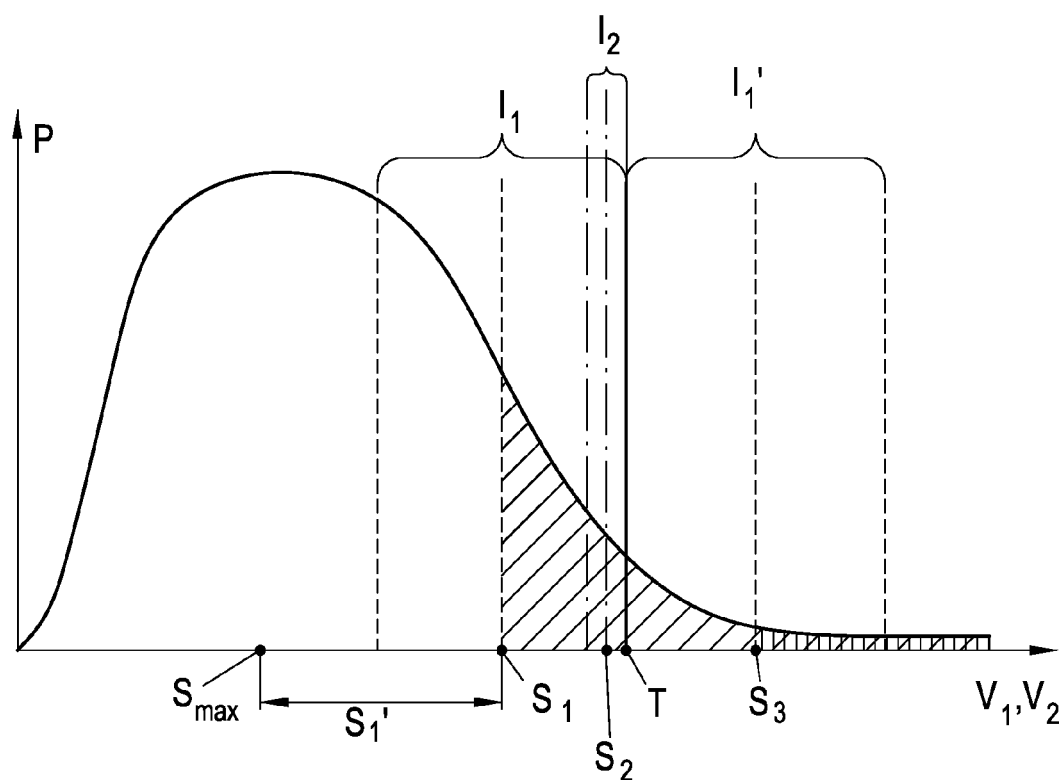


Fig. 3

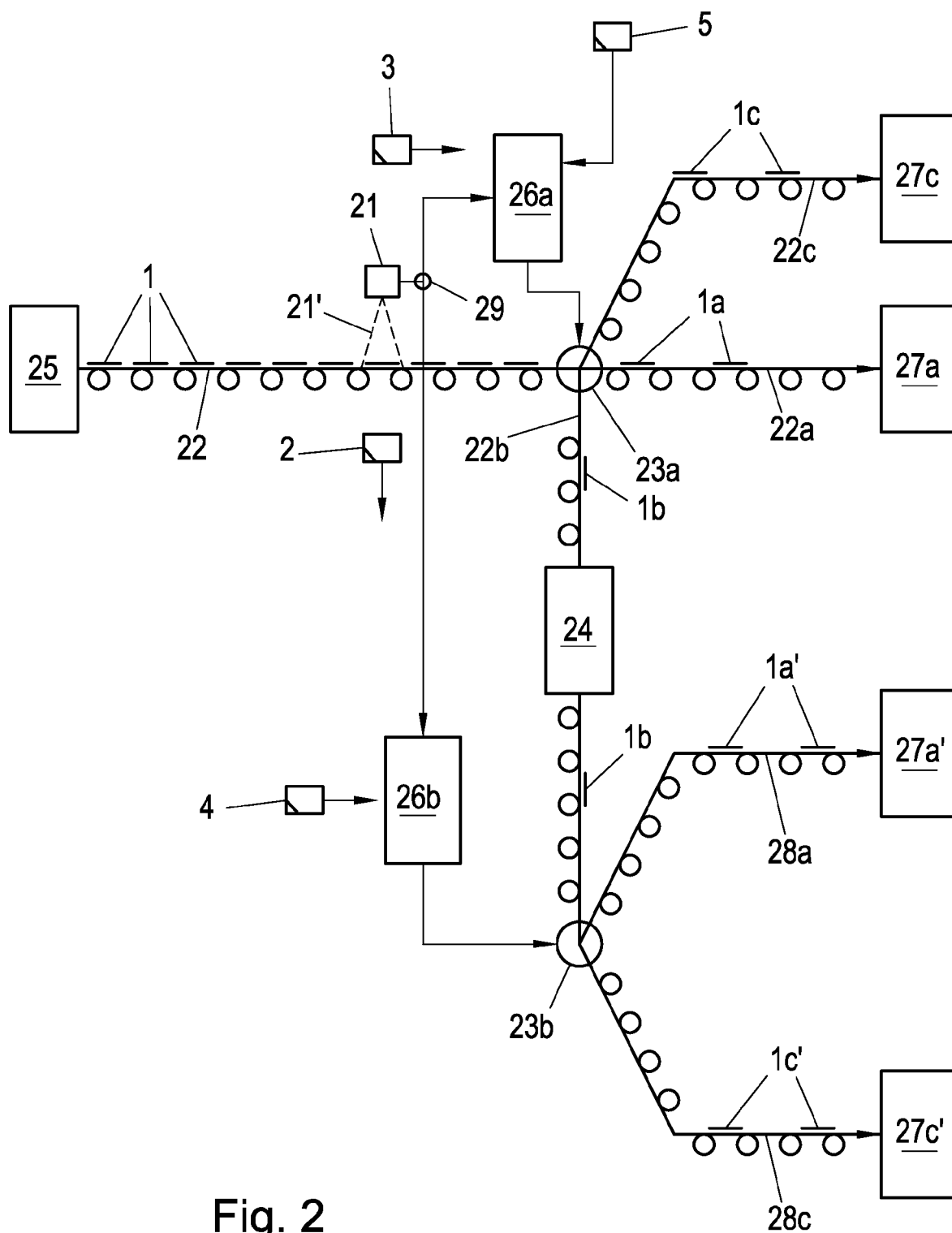


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 16 1755

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 349 119 A2 (HITACHI LTD [JP] HITACHI OMRON TERMINAL SOLU [JP]) 1. Oktober 2003 (2003-10-01) * Absätze [0046], [0047], [0049] - [0055], [0059]; Abbildungen 2, 5 *	1-18	INV. G07D7/00
X	EP 2 058 772 A2 (HITACHI OMRON TERMINAL SOLU [JP]) 13. Mai 2009 (2009-05-13) * Absätze [0050], [0056] - [0058]; Abbildungen 1, 10, 11 *	1-18	
X	US 5 652 802 A (GRAVES BRADFORD T [US] ET AL) 29. Juli 1997 (1997-07-29) * Spalte 22, Zeile 12 - Zeile 67; Abbildung 15 *	1-18	
X	EP 0 881 603 A1 (SANYO ELECTRIC CO [JP]) 2. Dezember 1998 (1998-12-02) * Seite 6, Zeile 21 - Seite 7, Zeile 30 * * Seite 12, Zeile 21 - Zeile 39 * * Seite 14, Zeile 6 - Zeile 35; Abbildungen 3, 21, 26 *	1-18	
X	WO 02/073545 A1 (RUE DE INT LTD [GB]; TRIBE RAGLAN HORATIO ANDREW HA [GB]; IRELAND PHIL) 19. September 2002 (2002-09-19) * Seite 9, Zeile 20 - Seite 10, Zeile 21; Abbildungen 2, 3 *	1-18	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) G07D
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 2. Juli 2014	Prüfer Neville, David
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 14 16 1755

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-07-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1349119	A2	01-10-2003	EP	1349119 A2		01-10-2003
			EP	1868167 A2		19-12-2007
			JP	4012423 B2		21-11-2007
			JP	2003281603 A		03-10-2003
			US	2004026498 A1		12-02-2004

EP 2058772	A2	13-05-2009	CN	101430806 A		13-05-2009
			EP	2058772 A2		13-05-2009
			JP	5111060 B2		26-12-2012
			JP	2009116646 A		28-05-2009
			KR	20090047362 A		12-05-2009
			RU	2008144176 A		20-05-2010
			US	2009114503 A1		07-05-2009

US 5652802	A	29-07-1997	US	5652802 A		29-07-1997
			US	5832104 A		03-11-1998
			US	5867589 A		02-02-1999
			US	6072896 A		06-06-2000

EP 0881603	A1	02-12-1998	CN	1209895 A		03-03-1999
			CN	1492381 A		28-04-2004
			CN	1516076 A		28-07-2004
			CN	1534549 A		06-10-2004
			DE	69734646 D1		22-12-2005
			DE	69734646 T2		10-08-2006
			EP	0881603 A1		02-12-1998
			US	6157895 A		05-12-2000
			US	6253158 B1		26-06-2001
			US	6327543 B1		04-12-2001
			WO	9727566 A1		31-07-1997

WO 02073545	A1	19-09-2002	KEINE			

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentedokumente

- DE 19744999 A1 [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- The Colour Image Processing Handbook. Chapman & Hall, 1998, 8-23, 66-90, 376-384 [0007]
- **M. S. MILLÁN ; M. CORBALÁN.** Optical Pattern Recognition based on Color Vision Models. Optical Society of America, 02. Mai 1995 [0007]
- *Optical Letters*, 15. August 1995, vol. 20 (16), 1722-1724 [0007]
- **SILVIO BORER et al.** Opponent Color Space Motivated by Retinal Processing. *Verfahren des CGIV 2002 -- First European Conference on Color in Graphics, Imaging and Vision (CGIV), Poitiers*, April 2002 [0007]
- **E. J. CHICHILNISKY et al.** Trichromatic opponent color classification. Elsevier Science Ltd, 04. Marz 1998 [0007]
- *Vision Research*, 1999, vol. 39, 2444-2458 [0007]
- **M. BOLLMANN et al.** Opponent Color Processing Based on Neural Models. *Advances in Structural and Syntactical Pattern Recognition, 6th International Workshop, SSPR '96, Leipzig*, 20. August 1996, 1121 [0007]