

(12)

# EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**26.07.2023 Patentblatt 2023/30**

(21) Anmeldenummer: **23153358.9**

(22) Anmeldetag: **28.10.2020**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B42D 25/382** (2014.01)      **B42D 25/309** (2014.01)  
**B42D 25/23** (2014.01)      **B42D 25/455** (2014.01)  
**B42D 25/46** (2014.01)      **B41M 3/14** (2006.01)  
**G07D 7/12** (2016.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B42D 25/23; B42D 25/309; B42D 25/382;**  
**B42D 25/455; B42D 25/46; G07D 7/005;**  
**G07D 7/12; G07D 7/20; G07D 7/206; B41M 3/144**

(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

(30) Priorität: 31.10.2019 DE 102019129491

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)  
nach Art. 76 EPÜ:  
**20799683.6 / 4 051 509**

(71) Anmelder: **Bundesdruckerei GmbH**  
**10969 Berlin (DE)**

(72) Erfinder:  
• **MUTH, Oliver**  
**12277 Berlin (DE)**

- **PEINZE, Franziska**  
12587 Berlin (DE)
- **MATHEA, Arthur**  
14199 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Richardt Patentanwälte PartG mbB**  
**Wilhelmstraße 7**  
**65185 Wiesbaden (DE)**

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 26.01.2023 als  
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten  
Anmeldung eingereicht worden.

(54) **PRÜFUNG EINES SICHERHEITSDOKUMENTS AUF BASIS VON TRÖPFCHENMORPHOLOGIEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prüfung eines Dokuments. Das Verfahren umfasst:

- Empfang (302) eines Dokuments (500, 700) mit einem Dokumentenkörper (506) mit einem Tintenstrahldruck eines Bildes (502, 600) durch eine Prüfeinheit (800). Das Bild enthält erste Regionen (414.1, 414.2) die Tintenstrahltröpfchen einer farbstoffbasierten Tinte (216) enthalten, und zweite Regionen (412.1, 412.2), die eine pigmentbasierten Tinte (214) enthalten. Die ersten Regionen sind frei von der pigmentbasierten Tinte und die zweiten Regionen sind frei von der farbstoffbasierten Tinte. Unter sichtbarem Licht ist die pigmentbasierte Tinte nicht von der farbstoffbasierten Tinte unterscheidbar.

- Aufnahme (304) eines Prüfbildes das zumindest den Tintenstrahl Druck (502) abbildet;

- Durchführung (306) einer Bildanalyse umfassend:

- Erfassung (308) der Morphologie der Tintenstrahltröpfchen: und

- Rekonstruktion (310) eines digitalen graphischen Musters (404) aus dem Prüfbild anhand der Tröpfchenmorphologie;

- Vergleichen (312) des rekonstruierten graphischen

Musters mit einem Referenzwert zur Prüfung der Echtheit des Dokuments.

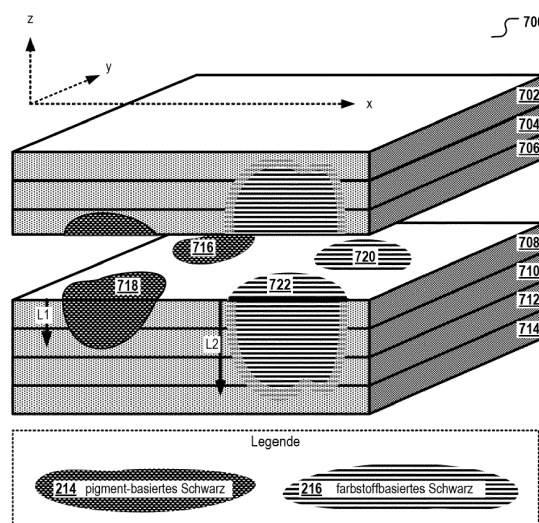


Fig. 7

## Beschreibung

### Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Dokuments, insbesondere eines Wert- oder Sicherheitsdokuments, beispielsweise ein Ausweisdokument, sowie ein Verfahren und ein System zur Überprüfung des mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Dokuments.

### Hintergrund

**[0002]** Eine Vielzahl von Dokumenten ist mit Sicherheitsmerkmalen ausgestattet, die eine Fälschung erschweren oder verhindern sollen. Zu diesen Dokumenten zählen vor allem auch Wert- oder Sicherheitsdokumente, welche dazu dienen, die Identität einer Person, beispielsweise beim Übertreten einer Landesgrenze, die Herkunft oder Originalität einer Sache, oder einen Anspruch, beispielsweise auf Zahlung eines Geldbetrages oder auf Herausgabe eines Produktes oder Erbringung einer Dienstleistung, zu verifizieren.

**[0003]** Die Fälschung kann erschwert oder verhindert werden, indem solche Dokumente, wie z.B. Banknoten, aus einem nicht ohne weiteres verfügbaren Material hergestellt werden. Zusätzlich oder alternativ können Sicherheitsmerkmale durch spezielle Farben, beispielsweise lumineszierende oder optisch variable Farben, optische Elemente, wie Hologramme, Kippbilder, kinografische Objekte, Linsen- oder Prismenarrays, Guillochen mit sichtbaren Farben/Tinten oder Lumineszenzfarben/-tinten, Melierfasern, Sicherheitsfäden und dergleichen, gebildet sein.

**[0004]** Die in den Wert- oder Sicherheitsprodukten eingesetzten Sicherheitsmerkmale können ausschließlich dazu dienen, die Echtheit der Dokumente unabhängig von ihrer Art oder von ihrem Benutzer nachzuweisen. Individualisierende, beispielsweise personalisierende, Sicherheitsmerkmale enthalten darüber hinaus in kodierter Form oder auch in Klarschrift eine Information über die Art des Dokuments, über den Benutzer dieses Dokuments und/oder über einen Gegenstand, dem das Dokument eindeutig zugeordnet ist. Derartige Informationen können ein Portraitbild bzw. Portraitfoto des Benutzers, seine persönlichen Daten, wie der Name, Geburtstag, Geburtsort, Anschrift, oder eine persönliche Kennung, wie eine Mitgliedsnummer, oder auch seine Unterschrift sein. Ein anderes das Wert- oder Sicherheitsprodukt individualisierendes Sicherheitsmerkmal kann beispielsweise eine Seriennummer des Produktes oder die Fahrgestellnummer eines Kraftfahrzeuges sein, dem das Produkt zugeordnet ist.

### Zusammenfassung

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Dokument vorzuschlagen, welches eine

Manipulation erschwert.

**[0006]** Des Weiteren liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Dokumentes vorzuschlagen, welches eine erhöhte Sicherheit gegen Manipulationen bietet.

**[0007]** Außerdem liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Überprüfung eines erfindungsgemäßen Dokumentes vorzuschlagen, sowie ein zur Überprüfung eingerichtetes System.

**[0008]** Die der Erfindung zugrunde liegenden Aufgaben werden jeweils mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Die im Folgenden aufgeführten Ausführungsformen sind frei miteinander kombinierbar, sofern sie sich nicht gegenseitig ausschließen.

**[0009]** In einem Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Dokuments mit einem Dokumentenkörper und einem mit dem Dokumentenkörper verbundenen, visuell nicht wahrnehmbaren Sicherheitsmerkmal. Das Verfahren umfasst:

- Bereitstellung eines Tintenstrahldruckers, welcher zumindest einen ersten Tank mit einer farbstoffbasierten Tinte und einen zweiten Tank mit einer pigmentbasierten Tinte beinhaltet, wobei das Absorptionsspektrum der farbstoffbasierten Tinte und das Absorptionsspektrum der pigmentbasierten Tinte einander so ähnlich sind, dass ein Tintenstrahldruck mit der farbstoffbasierten Tinte und ein Tintenstrahldruck mit der pigmentbasierten Tinte (des gleichen Bildmotivs) bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich durch das menschliche Auge ununterscheidbar sind;
- Bereitstellen eines digitalen graphischen Musters das gebildet wird aus ein oder mehreren ersten Bereichen und ein oder mehreren zweiten Bereichen; und
- Bereitstellen eines mit dem Dokument zu verbindenden digitalen Bildes;
- Überlagerung des graphischen Musters und des digitalen Bildes;
- Drucken des digitalen Bildes auf den oder in den Dokumentenkörper mit dem Tintenstrahldrucker derart, dass die farbstoffbasierte Tinte aber nicht die pigmentbasierte Tinte zum Druck der mit den ersten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet wird und dass die pigmentbasierte Tinte aber nicht die farbstoffbasierte Tinte zum Druck der mit den zweiten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet wird, wobei die Verteilung der farbstoffbasierten Tinte und der pigmentbasierte Tinte in dem gedruckten Bild das Sicherheitsmerkmal ist.

**[0010]** Die Einbringung eines für das menschliche Auge nicht sichtbaren Sicherheitsmerkmals durch Verwendung von unter sichtbarem Licht gleichfarbigen Tin-

ten unterschiedlichen Typs, die so aufgedruckt sind, dass mehrere Bereiche des Tintenstrahldruck, die mit den unterschiedlichen Tintentypen gedruckt sind, dass Sicherheitsmerkmal in Form eines für das menschliche Auge nicht sichtbaren Musters bilden kann vorteilhaft sein, da es für einen Fälscher zunächst gar nicht erkennbar ist, dass in dem Tintenstrahldruck ein Sicherheitsmerkmal verborgen ist. Unter sichtbarem Licht sehen die mit den verschiedenen Tintentypen gedruckten Bereiche gleich aus in dem Sinne, dass diese Bereiche in ihrer Gesamtheit das Bild ergeben, und zwar ohne dass ein menschlicher Betrachter an den Grenzen der ersten und zweiten Bildbereiche irgendwelche Unterschiede erkennen kann. Somit kommt ein potentieller Fälscher von vornherein nicht auf den Gedanken, dieses Sicherheitsmerkmal zu fälschen, denn es ist in dem Dokument nicht mit dem bloßen Auge erkennbar.

**[0011]** Ausführungsformen der Erfindung liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass die Tintenstrahltröpfchen von pigmentbasierten und farbstoffbasierten Tinten eine unterschiedliche Morphologie und/oder Topologie aufweisen und dass diese Unterschiede verwendet werden können um ein Sicherheitsmerkmal herzustellen, dessen Vorhandensein für einen Fälscher nicht oder zumindest nicht einfach zu erkennen ist.

**[0012]** In manchen Ausführungsformen haben die beiden unterschiedlichen Tintentypen (pigmentbasiert und farbstoffbasiert) auch in anderen Spektralbereich wie zum Beispiel Infrarot oder UV-Licht ein identisches Absorptionsspektrum. In diesen Ausführungsformen wird ein Fälscher auch dann nicht auf dieses Sicherheitsmerkmal aufmerksam, wenn er das Dokument unter UV-Licht oder IR-Licht hält.

**[0013]** Auch eine bauteilbezogene Analyse des Prüfgeräts ermöglicht es dem Fälscher nicht zu erkennen, welche Art von Sicherheitsmerkmal geprüft wird: im einfachsten Fall beinhaltet das Prüfgerät nur eine hochauflösende Kamera. Ob die Bildanalysesoftware, die zur Prüfung des Dokuments verwendet wird, lediglich ein auf dem Dokument abgedrucktes Bildnis einer Person mit einer Bilderdatenbank von Profilbildern vergleicht oder, wie dies für Ausführungsformen der Erfindung vorgesehen ist, die Morphologie und/oder Topologie der einzelnen Tintenstrahltröpfchen bestimmt und analysiert, kann von außen bzw. anhand der Zusammensetzung der Bauteile des Prüfgeräts nicht festgestellt werden. Somit gibt weder das Dokument selbst noch eine gegebenenfalls verwendete Prüfeinheit einem potentiellen Fälscher einen Hinweis darauf, dass das Dokument das besagte Sicherheitsmerkmal enthält, wo es in dem Dokument enthalten ist, und wie es gegebenenfalls geprüft bzw. hergestellt werden kann.

**[0014]** Ein weiterer Vorteil von Dokumenten gemäß Ausführungsformen der Erfindung kann darin bestehen, dass die Prüfung in apparativer Hinsicht sehr anspruchslos ist. Wie an späterer Stelle genauer erläutert werden wird ist zur Prüfung dieses Sicherheitsmerkmals im Prinzip nur eine hochauflösende Bilderfassungseinheit und

entsprechende Software erforderlich. Optional kann eine Weißlichtquelle verwendet werden, die aber nicht erforderlich ist, sofern ausreichend Tageslicht oder eine sonstige externe Weißlichtquelle vorhanden ist. Zur Prüfung des Sicherheitsmerkmals ist es also nicht erforderlich, eine spezielle Lichtquelle, zum Beispiel eine IR-Lichtquelle und/oder eine UV-Lichtquelle zu verwenden. Diese kann allerdings optional zusätzlich in der Prüfeinheit vorhanden sein, z.B. um weitere Sicherheitsmerkmale zu prüfen und/oder falls die farbstoffbasierte Tinte und die pigmentbasierte Tinte unter IR-Licht oder UV-Licht ein unterschiedliches Absorptionsspektrum haben.

**[0015]** Da die Prüfung auf der Basis der Tröpfchenmorphologie und/oder Topologie erfolgt bzw. da das Sicherheitsmerkmal in der räumlichen Verteilung von Tintenstrahltröpfchen unterschiedlicher Morphologien und/oder Topologien in oder auf dem Dokument besteht wird ein Dokument bereitgestellt, dessen Prüfung auch vergleichsweise robust ist gegen Störstrahlung. Tröpfcheneigenschaften wie zum Beispiel Durchmesser, Randschärfe, Rundheit bzw. "Ausgefranstheit" des Tröpfchenumfangs und Helligkeitsgradienten innerhalb des Tröpfchens sind weitgehend unbeeinflusst von der Stärke des Umgebungslichts. Solange das Dokument mit Licht einer hinreichenden Stärke bestrahlt wird, die eine Erkennung der Tröpfchenmorphologie ermöglicht, kann das Sicherheitsmerkmal also bei verschiedenen Lichtintensitäten geprüft werden, wie dies z.B. bei Tageslicht häufig vorkommt. Auch ist keine Speziallampe mit einem engen Emissionsspektrum zur Prüfung des Sicherheitsmerkmals erforderlich.

**[0016]** Nach Ausführungsformen umfasst das Bereitstellen des digitalen graphischen Musters das Erzeugen eines Strich- oder Matrixcodes.

**[0017]** Nach Ausführungsformen ist das digitale Bild ein monochromes digitales Bild.

**[0018]** Nach anderen Ausführungsformen ist das digitale Bild ein mehrfarbiges digitales Bild, z.B. ein CMYK oder RGB Bild.

**[0019]** Beispielsweise können Polycarbonat-basierte Dokumente mittels Verfahren, die z.B. in den deutschen Patentanmeldungen DE102007052947 A1 und DE 102008012419A1 beschrieben ist, mit einem Farbbild versehen werden, z.B. um das Dokument mit einem Foto und/oder Unterschrift des Inhabers farbig zu personalisieren. Das das farbige Druckbild wird bei diesem Verfahren im Karteninneren erzeugt. Dies hat den Vorteil, dass das gedruckte Bild ohne ein Zerstören des laminierten Folienaufbaus nicht manipuliert werden kann. Deshalb sind die so hergestellten Karten, wie Personalausweise und Reisepässe, besonders fälschungssicher. Beispielsweise besteht das Dokument aus mehreren Schichten ("Folien") aus Polycarbonat (PC) und PC-basierten Tinten. Einige dieser Tinten, die zur Erzeugung eines farbigen Tintenstrahldrucks in einem oder auf einem Dokument verwendet werden können sind ebenfalls in den Patentanmeldungen DE102007052947 A1 und DE 102008012419A1 beschrieben.

**[0020]** Beispielsweise kann ein Dokument mit einem Bild, dass ein Portraitbild des Dokumenteninhabers ist, personalisiert werden. Der Tintenstrahldrucker kann beispielsweise ein Drucker mit 5 Tintentanks sein, wobei 3 der Tanks mit je einer Tinte für Magenta, Gelb und Cyan gefüllt sind. Die drei Tinten werden von den Tintenstrahldrucker auf das Dokument gemäß ihres Farbanteils an jedem der Pixel des digitalen Bildes aufgedruckt.

**[0021]** Außerdem beinhaltet der Tintenstrahldrucker zwei Tanks, welche beide jeweils Tinte schwarzer Farbe enthalten, deren Schwarz unter sichtbarem Licht farblich nicht voneinander durch das menschliche Auge unterscheidbar ist. Allerdings handelt es sich bei einer der schwarzen Tinten um eine pigmentbasierten Tinte und bei der anderen schwarzen Tinte um eine farbstoffbasierten Tinte. Die beiden unterschiedlichen schwarzen Tinten Werten auf dem Dokument nach einem Entweder-oder Prinzip ausgedruckt, sodass erste Regionen des digitalen Bildes ausschließlich mit der schwarzen farbstoffbasierten Tinte und die zweiten Regionen des Bildes ausschließlich mit der schwarzen pigmentbasierten Tinte gedruckt werden.

**[0022]** In den ersten und zweiten Regionen des Bildes sind bei Farbbildern in der Regel auch Tintentröpfchen der drei anderen Tanks mit der magentafarbenen, gelben und cyanfarbenen Tinte enthalten. Bei diesen 3 Tinten kann es sich zum Beispiel um 3 farbstoffbasierte Tinten handeln, oder um 3 pigmentbasierte Tinten.

**[0023]** Falls es sich bei den 3 Tinten um farbstoffbasierte Tinten handelt, können die zweiten Regionen immer noch anhand der Tröpfchenmorphologie erkannt und von den ersten Regionen unterschieden werden, denn die zweiten Regionen des Tintenstrahldruck sind die einzigen Bereiche, deren Tröpfchen eine für pigmentbasierten Tinten typische Morphologie und/oder Topologie aufweisen.

**[0024]** Falls es sich bei den 3 Tinten um pigmentbasierten Tinten handelt, können die ersten Regionen immer noch anhand der Tröpfchenmorphologie erkannt und von den zweiten Regionen unterschieden werden, denn die ersten Regionen des Tintenstrahldruck sind die einzigen Bereiche, deren Tröpfchen eine für farbstoffbasierten Tinten typische Morphologie und/oder Topologie aufweisen.

**[0025]** Eine Kombination aus einer farbstoffbasierten Tinte und zwei pigmentbasierten Tinten oder um eine Kombination aus zwei farbstoffbasierten Tinten und einer pigmentbasierten Tinte ist für die 3 Farben Magenta, Gelb und Cyan nur dann möglich, wenn die Morphologien und/oder Topologien dieser 3 Farben von den Morphologien und/oder Topologie der schwarzen farbstoffbasierten Tinte und/oder der schwarzen pigmentbasierten Tinte klar unterscheidbar sind. In manchen Fällen kann dies beispielsweise durch Zusätze erreicht werden, die die Viskosität und damit den Tröpfchenverlauf beeinflussen.

**[0026]** Nach Ausführungsformen hat das Dokumentenkörpermaterial, auf welchen oder in welches das Bild

gedruckt ist, eine Farbe, die als Hintergrundfarbe des gedruckten Bildes fungiert. Die Hintergrundfarbe kann z.B. hell sein und kann insbesondere weiß sein. Als "helle" Hintergrundfarbe wird hier eine Farbe verstanden, deren Helligkeitswert in einem eindimensionalen oder mehrdimensionalen Helligkeitsraum codiert ist und deren durchschnittlicher Helligkeitswert über alle Dimensionen dieses Helligkeitsraums bei über 50% des theoretisch in diesem Helligkeitsraum möglichen Wertes, vorzugsweise bei über 70% dieses Wertes, liegt. Falls z.B. ein monochromatischer Helligkeitsraum zwischen 0 (schwarz) und 100 (maximal hell) Einheiten definiert ist, wäre eine "helle" Hintergrundfarbe eine, die mindestens 50 dieser Einheiten, vorzugsweise mindestens 70 dieser Einheiten hat.

**[0027]** Nach einer Ausführungsform ist die farbstoffbasierte Tinte so beschaffen, dass ein mit dieser Tinte gedrucktes und mit Licht im infraroten Spektralbereich beleuchtetes Bild für das menschliche Auge einen transparenten Farbeindruck bewirkt, sodass die ein oder mehreren ersten Bereiche die Hintergrundfarbe haben. Die pigmentbasierte Tinte ist so beschaffen, dass ein mit dieser Tinte gedrucktes und mit Licht im infraroten Spektralbereich beleuchtetes Bild für das menschliche Auge einen opaken Farbeindruck bewirkt, sodass die ein oder mehreren zweiten Bereiche eine andere Farbe als die Hintergrundfarbe haben. Im Falle eines monochromen Bildes bedeutet eine "andere Farbe" der zweiten im Vergleich zu den ersten Bereichen einen "anderen Helligkeitswert".

**[0028]** Dies kann vorteilhaft sein, da ein Prüfgerät, das über eine IR-Lichtquelle und eine im IR-Bereich sensitive Bilderfassungseinheit verfügt, auf sehr schnelle und eindeutige Weise das in dem Bild versteckte Muster erkennen kann ohne hierfür eine rechnerisch aufwändigere Analyse der Tröpfchenmorphologien durchführen zu müssen. Beispielsweise kann die Verwendung derartiger Tinten es ermöglichen, ein Prüfgerät zu verwenden, dass im Normalbetrieb das in dem Tintenstrahldruck enthaltene Muster dadurch erkennt, dass es den Tintenstrahldruck des Dokuments mit einer IR-Lichtquelle beleuchtet, und mit einer IR-Bilderfassungseinheit ein digitales IR-Prüfbild des Tintenstrahlaufdrucks erfasst. Das IR-Prüfbild hat vorzugsweise eine Auflösung, die kleiner ist als das im sichtbaren Licht erstellte Prüfbild. Eine kleinere Auflösung, die zum Beispiel nicht mehr in der Lage ist, einzelne Tintenstrahltröpfchen voneinander aufzulösen, ist hier völlig ausreichend, um das Muster erkennbar zu machen, da die Mustererkennung nicht auf einer Analyse der Tröpfchenmorphologie basiert. Da die farbstoffbasierten Tinte im IR-Licht transparent ist haben die ersten Regionen des Tintenstrahldrucks die Hintergrundfarbe des Dokumentenkörpers und die zweiten Regionen des Tintenstrahldruck die Farbe (bzw. den Helligkeitswert) der pigmentbasierten Farbe unter IR-Licht. Das Muster ist also vergleichsweise schnell und auf Basis einer Bildanalyse eines IR-Prüfbild geringerer Auflösung durchführbar, sodass die Rechenzeit und CPU Last re-

duziert wird. Falls allerdings die IR-Lichtquelle defekt ist, zu viel sichtbares Störlicht vorhanden ist und/oder wenn eine zusätzliche Analyse des Sicherheitsmerkmals durchgeführt werden soll, kann auf eine Untersuchung der Tröpfchenmorphologie und/oder Topologie zurückgegriffen werden.

**[0029]** Nach Ausführungsformen hat die farbstoffbasierte Tinte im ersten Tank und die pigmentbasierte Tinte im zweiten Tank bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich einen schwarzen Farbton. Beispielsweise kann es sich bei der farbstoffbasierten Tinte um Solvent Black 27 oder Solvent Black 29. Zusätzlich oder alternativ dazu ist die pigmentbasierte Tinte Carbon Black oder Pigment Black 28.

**[0030]** Als "Solvent Black 27" wird eine Substanz (Azo-Metallkomplex) mit der CAS Nummer 12237-22-8 bezeichnet.

**[0031]** Als "Solvent Black 29" wird eine Substanz mit der CAS Nummer 61901-87-9 bezeichnet.

**[0032]** Unter "Carbon Black" wird hier Ruß, also ein schwarzer, pulverförmiger Feststoff, verstanden, der zu über 80 %, in manchen Fällen über 98 % aus Kohlenstoff besteht. Insbesondere kann Industrieruß (CAS-Nr.: 1333-86-4), ein gezielt als Industrie-Grundstoff hergestellter Ruß, als Carbon Black verwendet werden.

**[0033]** Unter Pigment Black 28 wird hier eine Substanz mit der CAS Nummer 68186-91-4 verstanden. Pigment Black 28 ist ein anorganisches Pigment, das als Reaktionsprodukt der Hochtemperaturkalzinierung gewonnen wird, bei welcher Kupfer(II)oxid und Chrom(III)oxid in unterschiedlichen Mengen homogen und ionisch unter Bildung einer kristallinen Matrix interdiffundiert werden.

**[0034]** Nach Ausführungsformen hat die farbstoffbasierte Tinte im ersten Tank und die pigmentbasierte Tinte im zweiten Tank bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich einen cyanfarbenen Farbton. Beispielsweise kann es sich bei der farbstoffbasierten Tinte um Solvent Blue 78. Zusätzlich oder alternativ dazu ist die pigmentbasierte Tinte Cu-Phthalocyanin.

**[0035]** Die als "Solvent Blue 78" bezeichnete Substanz ist auch unter den Namen "1,4-Bis(Methylamino)antrachinon" bekannt und hat die CAS Nummer 2475-44-7.

**[0036]** Nach Ausführungsformen hat die farbstoffbasierte Tinte im ersten Tank und die pigmentbasierte Tinte im zweiten Tank bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich einen magenta Farbton. Beispielsweise kann es sich bei der farbstoffbasierten Tinte um Solvent Red 26 oder Sudan Rot handeln. Zusätzlich oder alternativ dazu ist die pigmentbasierte Tinte Quinacridon .

**[0037]** Die als "Solvent Red 26" bezeichnete Substanz ist auch unter den Namen "Ölrot EGN" oder "C.I. 26120" bekannt. Es handelt sich um eine violett-rote synthetischen Azofarbe mit der CAS Nummer 4477-79-6.

**[0038]** Die als "Sudan Rot" bezeichnete Substanz ist auch unter den Namen "Sudan III" oder "1-[4-(Phenylazo)phenylazo]-2-naphthol" bekannt. Es ist eine synthetisch hergestellte chemische Verbindung aus der

Gruppe der Azo- und Sudanfarbstoffe mit roter Farbe und hat die CAS Nummer 85-86-9.

**[0039]** Die als "Quinacridon" bezeichnete Substanz ist ein organisches Pigment und organischer Halbleiter mit roten bis violetten Farbtönen. Es hat die CAS Nummer 1047-16-1.

**[0040]** Nach Ausführungsformen hat die farbstoffbasierte Tinte im ersten Tank und die pigmentbasierte Tinte im zweiten Tank bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich einen **gelben** Farbton. Beispielsweise kann es sich bei der farbstoffbasierten Tinte um Solvent Yellow 124. Zusätzlich oder alternativ dazu ist die pigmentbasierte Tinte Brilliantgelb oder Pigment Gelb 151.

**[0041]** Die als "Solvent Yellow 124" bezeichnete Substanz ist ein Azofarbstoff und hat die CAS Nummer 34432-92-3.

**[0042]** Die als "Brilliantgelb" bezeichnete Substanz ist auch unter den Namen "Pigment Yellow 74" bekannt und hat die CAS Nummer 6358-31-2.

**[0043]** Die als "Pigment Gelb 151" bezeichnete Substanz ist ein Benzimidazolopigment mit der CAS Nummer 31837-42-0.

**[0044]** Nach Ausführungsformen beinhaltet der Tintenstrahldrucker zumindest noch einen dritten Tank mit einer weiteren farbstoffbasierten Tinte und einen vierten Tank mit einer weiteren pigmentbasierten Tinte, wobei das Absorptionsspektrum der weiteren farbstoffbasierten Tinte dem Absorptionsspektrum der weiteren pigmentbasierten Tinte so ähnlich ist, dass diese weitere farbstoffbasierte Tinten bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich farblich durch das menschliche Auge von der weiteren pigmentbasierten Tinte ununterscheidbar ist, aber von den Tinten im ersten und zweiten Tank farblich unterscheidbar ist. Das Verfahren umfasst ferner:

- Bereitstellen eines weiteren digitalen graphischen Musters beinhaltend ein oder mehrere dritte Bereiche und ein oder mehrere vierte Bereiche;
- Überlagerung des weiteren graphischen Musters und des digitalen Bildes;
- Durchführen des Druckens des digitalen Bildes auf den oder in den Dokumentenkörper derart, dass die farbstoffbasierte Tinte aber nicht die pigmentbasierte Tinte zum Druck der mit den ersten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet wird, dass die pigmentbasierte Tinte aber nicht die farbstoffbasierte Tinte zum Druck der mit den zweiten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet werden, dass die weitere farbstoffbasierte Tinte aber nicht die weitere pigmentbasierte Tinte zum Druck der mit den dritten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet wird, dass die weitere pigmentbasierte Tinte aber nicht die weitere farbstoffbasierte Tinte zum Druck der mit den vierten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet wer-

den, wobei die Verteilung der farbstoffbasierten Tinte, der pigmentbasierten Tinte, der weiteren farbstoffbasierten Tinte und der weiteren pigmentbasierten Tinte in dem gedruckten Bild das Sicherheitsmerkmal ist.

**[0045]** Beispielsweise können die dritten Bereiche deckungsgleich sein zu den ersten Bereichen und die vierten Bereiche können deckungsgleich sein zu den zweiten Bereichen. Nach einer Ausführungsform bestehen einige Bereiche des gedruckten Bildes ausschließlich aus Tintenstrahltröpfchen aus mehreren unterschiedlichen farbstoffbasierten Tinten während andere Bereiche des gedruckten Bildes ausschließlich aus Tintenstrahltröpfchen aus mehreren unterschiedlichen pigmentbasierten Tinten bestehen. In anderen Ausführungsformen sind die dritten Bereiche nicht deckungsgleich mit den ersten Bereichen und/oder die vierten Bereiche sind nicht deckungsgleich mit den zweiten Bereichen, sodass das gedruckte Bild aus einem komplexen Muster aus verschiedenen farbstoffbasierten und pigmentbasierten Tinten besteht.

**[0046]** Nach Ausführungsformen umfasst das Verfahren ferner:

- Ermitteln einer Fläche innerhalb des Bildes, welches eine Mindesthomogenität und Mindestintensität hinsichtlich des Absorptionsspektrums des Farbtons aufweist, der mit der farbstoffbasierten Tinte oder der pigmentbasierten Tinte gedruckt werden soll; Das Ergebnis ist für beide Tintentypen identisch, da diese ja den gleichen Farbton repräsentieren;
- Durchführung der Überlagerung derart, dass das graphische Muster vollständig auf diese Fläche abgebildet wird.

**[0047]** Nach Ausführungsformen ist der Dokumentenkörper aus mehreren Materialsichten aufgebaut. Das Drucken des digitalen Bildes auf den oder in den Dokumentenkörper erfolgt so, dass das digitale Bild auf eine oder mehrere der Materialsichten aufgedruckt wird, und danach die ein oder mehreren bedruckten Schichten, optional zusammen mit weiteren Materialsichten, zu dem Dokumentenkörper untrennbar verbunden werden. Die Verbindung kann z.B. chemisch, thermisch durch Verschmelzen der Materialsichten, mechanisch (z.B. durch Druck) oder durch Verkleben der Materialsichten erfolgen.

**[0048]** Bei dem Verkleben oder Verschmelzen der Materialsichten können Druckfarben in den Dokumentenkörper eindringen und sich mit dem Dokumentenkörper verbinden, so dass selbst bei einem schichtweisen spannenden Abtragen der Schichten zu keinem Zeitpunkt eine Oberfläche erhalten werden kann, die das vollständige Bild und das darin eingebettete Muster zeigt.

**[0049]** Nach bevorzugten Ausführungsformen wird der Tintenstrahldruck auf ein oder mehreren Schichten gedruckt, die nach der Verbindung der Schichten im In-

neren des Dokumentenkörpers liegen.

**[0050]** Durch das über mehrere Schichten verteilte Drucken kann vermieden werden, dass einige Schichten zuerst abgetragen werden und dann neue, mit falschen Informationen versehene Schichten auf den Rest des ursprünglichen Dokumentenkörpers aufgebracht werden, ohne zumindest das Muster zu zerstören bzw. unlesbar zu machen.

**[0051]** Die Materialsichten, die auch als Folien ausgebildet sein können, können z.B. aus PC bestehen. Das Bild wird von dem Tintenstrahl drucker beispielsweise auf eine Kernfolie gedruckt. Die Tinten, die z.B. wie die einzelnen Schichten PC enthalten können, verbinden sich und damit das gedruckte Tintenstrahlbild fest mit der Foliensoberfläche. Anschließend wird die Kernfolie mit Deckfolien laminiert. Dies kann mit oder vorzugsweise auch ohne den Einsatz von Klebstoff erfolgen. Bei der Lamination bilden die einzelnen Folienschichten ein durchgehendes Stück Polycarbonat. Sie lassen sich nicht voneinander lösen, ohne dass das gesamte Dokument zerstört wird. Dadurch können Fälscher nicht auf die informationstragende Innenschicht zugreifen. Chips und Antennen, wie sie im Falle kontaktlos gelesener ID-Karten zum Einsatz kommen, werden nach Ausführungsformen zusätzlich in den Folienaufbau integriert und können nicht aus ihm herausgebrochen werden, ohne das Dokument oder die Chips oder Antennen zu zerstören.

**[0052]** Nach Ausführungsformen ist die farbstoffbasierte Tinte und/oder die pigmentbasierte Tinte dazu ausgebildet, bei dem Verbinden der mehreren Materialsichten in ein oder mehrere weitere Materialsichten einzudringen zusätzlich zu der Materialsicht, auf welche die Tinte aufgedruckt wurde. Nach Ausführungsformen dringt die farbstoffbasierte Tinte bei und/oder nach dem Verbinden der mehreren Materialsichten weiter und/oder unter Erzeugung einer anderen Tropfentopologie in das Material einer oder mehrerer der Schichten ein als die pigmentbasierte Tinte.

**[0053]** Nach Ausführungsformen enthält das graphische Muster Daten in codierter Form. Die Daten können insbesondere Daten enthalten, die für das Dokument und/oder dessen Besitzer einzigartig sind. Optional können diese Daten in einer weiteren Repräsentanz auf dem oder in dem Dokument enthalten sein, z.B. in Form eines weiteren Aufdrucks, in Form einer Gravur und/oder als in einem Datenspeicher des Dokuments elektronisch gespeicherter Datenwert. Der Datenspeicher kann z.B. ein Magnetstreifen oder ein Speicher eines Chips sein.

**[0054]** Dies kann vorteilhaft sein, da hierdurch ein zusätzlicher Schutz vor einer Fälschung des Dokuments gegeben ist. Dadurch, dass beispielsweise ein bestimmter, geheimer Datenwert sowohl in dem Datenspeicher in digitaler Form gespeichert ist als auch in codierter Form in Form des unsichtbaren Musters in dem gedruckten Bild kann eine Prüfeinheit überprüfen, ob erstens das Muster in dem Tintenstrahl druck enthalten ist und zweitens ob in dem Datenspeicher der in dem mustercodierte

Wert ebenfalls enthalten ist. Ein Dokumentenfälscher müsste also sowohl den Tintenstrahldruck als auch den in dem Datenspeicher gespeicherten Wert auf gleiche Weise manipulieren. Beides lässt sich jedoch verhindern: der Tintenstrahldruck kann auf verschiedene Weise vor Manipulation geschützt werden, zum Beispiel durch Aufbringen einer Schutzfolie oder dadurch, dass der Tintenstrahldruck auf eine Materialschicht im Inneren des Dokumentes gedruckt wird. Wenn die verschiedenen Materialschichten durch Druck, Temperatur, Kleber oder sonstige Maßnahmen irreversibel miteinander zu einem einzigen Dokumentenkörper miteinander verbunden werden ist es nicht mehr möglich, den Tintenstrahldruck im Inneren des Dokumentes zu verändern, ohne das Dokument physikalisch zu zerstören oder zu beschädigen. Zusätzlich oder alternativ dazu kann der in dem Datenspeicher gespeicherte Wert kryptographisch vor Manipulation durch unberechtigte geschützt werden. Eine Manipulation sowohl des Aufdrucks als auch des geschützt gespeicherten Datenwertes und damit eine Fälschung des Dokuments kann damit wirksam ausgeschlossen werden.

**[0055]** Nach Ausführungsformen umfasst das Verfahren ferner ein Versehen des Dokumentenkörpers mit einem elektronischen Schaltkreis. In diesem Schaltkreis ist eine weitere Repräsentation der einzigartigen Daten gespeichert. Zusätzlich oder alternativ dazu sind in dem elektronischen Schaltkreis weitere Daten gespeichert, auf die nur nach einer erfolgreichen Authentifizierung eines Lesegeräts und/oder eines Nutzers gegenüber dem Dokument zugegriffen werden kann. Auch die besagten für das Dokument oder dessen Besitzer einzigartigen Daten können zu diesen Daten gehören, auf die nur nach einer erfolgreichen Authentifizierung zugegriffen werden kann.

**[0056]** Der elektronische Schaltkreis, bspw. ein Mikrochip mit einer Schnittstelle zur kontaktbehafteten oder kontaktlosen Kommunikation mit dem elektronischen Schaltkreis und einem Speicher kann eine Repräsentation der für das Dokument einzigartigen Daten speichern, die mit in dem Muster codierten Daten verglichen werden können.

**[0057]** Alternativ oder zusätzlich kann der elektronische Schaltkreis weitere Daten speichern, die besonders vor unbefugtem Zugriff gesichert sind. Um auf diese Daten zugreifen zu können kann das Muster Zugangsdaten enthalten, die dem elektronischen Schaltkreis in einer Authentifizierungs- oder Autorisierungsphase zugeführt werden. Der elektronische Schaltkreis kann bspw. dazu eingerichtet sein, die Daten aus dem Muster mit in dem elektronischen Schaltkreis gespeicherten Zugangsdaten zu vergleichen. Sofern der Vergleich ergibt, dass die Zugangsdaten übereinstimmen, kann der elektronische Schaltkreis Zugriff auf die weiteren gespeicherten Daten zulassen. Entsprechend werden bei der Herstellung des Dokuments in dem Muster und in dem elektronischen Schaltkreis entsprechend übereinstimmende Zugangsdaten gespeichert.

**[0058]** Bei dem elektronischen Schaltkreis kann es sich um eine Halbleiterschaltung handeln, die z. B. siliziumbasiert oder polymerelektronisch ausgeführt ist. Beispielsweise kann der elektronische Schaltkreis durch einen Chip implementiert werden, der sich auf oder in einer Dokumentenschicht befindet. Der elektronische Schaltkreis kann auch aus polymerelektronischen Komponenten gebildet werden, die z. B. drucktechnisch auf die Dokumentenschicht aufgebracht werden.

**[0059]** Beispielsweise können die weiteren Daten sensible personenbezogene Daten umfassen, zum Beispiel Alter, Geburtsort, Geburtstag, Adresse, Gesundheitsdaten, Versicherungsdaten etc. Das Dokument kann dazu ausgebildet sein, einem Nutzer oder einem Lesegerät nur dann Zugriff auf die personenbezogenen Daten zu gewähren, wenn das Lesegerät in der Lage ist, dem Dokument einen Datenwert zu übermitteln, der identisch ist zu einem Referenzwert, der in dem digitalen Speicher des Dokuments gespeichert ist. Der Referenzwert ist eine identische Kopie/weitere Repräsentation eines in dem Muster in den Tintenstrahldruck des Dokumentes codierten Datenwertes. In dieser Ausführungsform ist es dem Lesegerät zumindest vorerst nicht gestattet, diese Daten aus dem Datenspeicher zu lesen. Das Lesegerät muss die als Referenzwert in dem Dokument hinterlegten Daten dadurch ermitteln, dass es das Muster in dem Tintenstrahldruck in oder auf dem Dokument korrekt erkennen und dekodieren kann. Das Lesegerät kann den durch die Dekodierung erhaltenen Datenwert verwenden, um sich gegenüber dem Dokument zu authentifizieren. Das Lesegerät kann hierdurch zum Beispiel beweisen, dass es in der Lage war, den Tintenstrahldruck optisch zu erfassen, was impliziert, dass der Nutzer dem Lesegerät das Dokument vorgelegt hat und das Lesegerät nicht etwa ohne Wissen und Wollen des Nutzers auf den Speicher zugreifen kann.

**[0060]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Dokument hergestellt nach dem Verfahren gemäß einem der hier beschriebenen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens.

**[0061]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Dokument mit einem Dokumentenkörper, wobei sich auf dem oder in dem Dokumentenkörper ein Tintenstrahlaufdruck befindet. Der Tintenstrahlaufdruck beinhaltet erste Tintenstrahltröpfchen, die eine erste Morphologie haben und aus einer farbstoffbasierten Tinte bestehen. Der Tintenstrahlaufdruck beinhaltet zudem zweite Tintenstrahltröpfchen, die aus einer pigmentbasierten Tinte bestehen. Die zweiten Tintenstrahltröpfchen haben eine zweite Morphologie, die sich von der ersten Morphologie unterscheidet. Das Absorptionsspektrum der farbstoffbasierten Tinte und der pigmentbasierten Tinte sind einander so ähnlich, dass die ersten und zweiten Tintenstrahltröpfchen bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich durch das menschliche Auge farblich ununterscheidbar sind.

**[0062]** Der Tintenstrahlaufdruck beinhaltet ein oder mehrere erste Bereiche, die die ersten Tintenstrahltröpf-

chen beinhalten und frei sind von den zweiten Tintenstrahltröpfchen. Der Tintenstrahlauddruck beinhaltet ein oder mehrere zweite Bereiche, die die zweiten Tintenstrahltröpfchen beinhalten und frei sind von den ersten Tintenstrahltröpfchen. Die ersten und zweiten Bereiche bilden ein Muster, welches bei Betrachtung durch das menschliche Auge bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich nicht erkennbar ist.

**[0063]** Nach Ausführungsformen der Erfindung besteht der Dokumentenkörper aus mehreren Materialschichten. Die Dicke des Dokuments ist dessen Ausdehnung in einer Dimension "z". Zumindest einige der sich im Tintenstrahlruck befindlichen Tintenstrahltröpfchen erstrecken sich über mehrere Materialschichten. Die Topologie der ersten Tintenstrahltröpfchen unterscheidet sich von der Topologie der zweiten Tintenstrahltröpfchen. Eine Topologie eines Tintenstrahltröpfchens beschreibt dessen räumliche Erstreckung entlang der Dimension z über eine oder mehrere der Materialebenen.

**[0064]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Prüfung eines Dokuments. Das Verfahren umfasst:

- Empfang eines Dokuments mit einem Dokumentenkörper durch eine Prüfeinheit, die eine Bilderfassungseinheit beinhaltet. In oder auf dem Dokumentenkörper ist ein Tintenstrahlruck eines Bildes enthalten. Ein oder mehrere erste Regionen des Bildes sind mit einer farbstoffbasierten Tinte gedruckt. Ein oder mehrere zweite Regionen des Bildes sind mit einer pigmentbasierten Tinte gedruckt. Die ein oder mehreren ersten Regionen sind frei von der pigmentbasierten Tinte und die ein oder mehreren zweiten Regionen sind frei von der farbstoffbasierten Tinte. Das Absorptionsspektrum der farbstoffbasierten Tinte und das Absorptionsspektrum der pigmentbasierten Tinte sind einander so ähnlich, dass diese bei einer Beleuchtung des Tintenstrahlrucks mit Licht im sichtbaren Spektralbereich farblich für das menschliche Auge ununterscheidbar sind;
- Aufnahme eines Prüfbildes durch die Bilderfassungseinheit, wobei das Prüfbild ein digitales Bild ist, das zumindest den Tintenstrahlruck des Dokuments abbildet;
- Durchführung einer Bildanalyse des Prüfbildes durch die Prüfeinheit, wobei die Bildanalyse umfasst:
  - Automatische Erfassung der Morphologie der im Prüfbild abgebildeten Tintenstrahltröpfchen, aus welchen der Tintenstrahlruck besteht, wobei die Morphologie eines Tintenstrahltröpfchens dessen räumliche Erstreckung innerhalb des Prüfbildes beschreibt; und
  - Automatische Rekonstruktion eines digitalen graphischen Musters aus dem Prüfbild, wobei das Muster ein oder mehrere erste Bereiche und ein oder mehrere zweite Bereiche beinhaltet, wobei die ersten Bereiche diejenigen Prüfbild-

regionen sind, deren Tintenstrahltröpfchen eine erste Morphologie aufweisen, wobei die zweiten Bereiche diejenigen Prüfbildregionen sind, deren Tintenstrahltröpfchen eine zweite Morphologie aufweisen, wobei die zweite von der ersten Morphologie abweicht;

- Vergleichen des rekonstruierten graphischen Musters oder eines daraus abgeleiteten Wertes mit einem Referenzwert zur Prüfung der Echtheit des Dokuments.

**[0065]** Beispielsweise kann die Bildanalyse von einer Software ausgeführt werden, die mit expliziten Regeln arbeitet, die von dem Programmierer vorgegeben wurden. Diese Regeln beinhalten verschiedene Kriterien und Grenzwerte im Hinblick beispielsweise auf den Tröpfchendurchmesser in X, Y und/oder Z-Richtung, im Hinblick auf Intensitätsunterschiede innerhalb des Tröpfchens, im Hinblick auf das Vorhandensein, die Dicke und Schärfe bzw. Fokussierbarkeit einer Tröpfchenumrisslinie und ähnliche Kriterien. Die Bildanalyse Software vergleicht zumindest einige oder alle Tintenstrahltröpfchen, die in dem Prüfbild abgebildet sind, mit diesen Regeln und klassifiziert die Tröpfchen in erste und zweite Tintenstrahltröpfchen auf Basis des Ergebnisses dieses Vergleichs. In anderen Implementierungsbeispielen ist die Bildanalyse Software eine trainierte Maschine Learning (ML) -Software, beispielsweise eine trainierte Supportvektormaschine (SVN), oder ein trainiertes neuronales Netz (NN). Für das Training der Software wurde ein Trainingsdatensatz verwendet, der eine Vielzahl von Trainings-Prüfbildern beinhaltet, wobei jedes der Trainings-Prüfbilder ein digitales Bild eines Tintenstrahlrucks ist, wobei der Tintenstrahlruck mit den gleichen Tinten gedruckt wurde wie das aktuell erfasste Prüfbild und ebenfalls erste und zweite Regionen enthält, die ein Muster bilden. Die ersten Regionen der Trainings-Prüfbilder bilden Regionen des Tintenstrahlrucks ab, die mit der gleichen oder im Hinblick auf die Tröpfchenmorphologie sehr ähnlichen farbstoffbasierten Tinte gedruckt wurden wie die ersten Regionen des Tintenstrahlrucks des aktuell geprüften Dokuments. Die zweiten Regionen der Trainings-Prüfbilder bilden Regionen des Tintenstrahlrucks ab, die mit der gleichen oder im Hinblick auf die Tröpfchenmorphologie sehr ähnlichen pigmentbasierten Tinte gedruckt wurden wie die zweiten Regionen des Tintenstrahlrucks des aktuell geprüften Dokuments. Die ersten und zweiten Regionen in den Trainings-Prüfbildern sind als solche gekennzeichnet ("annotiert") und verschiedene Eigenschaften der Tröpfchen in den ersten und zweiten Regionen der Trainings-Prüfbilder werden als Input-Parameterwerte an die ML-Software übergeben, sodass während des Trainings die ML-Software lernt, erste und zweite Regionen anhand der Tröpfchenmorphologie und/oder Topologie zu erkennen.

**[0066]** Nach Ausführungsformen ist das digitale graphische Musters ein Strich- oder Matrixcode. Das Ver-



fahren umfasst ferner:

- Decodierung des Strich- oder Matrixcodes durch die Prüfeinheit, um einen decodierten Wert zu erhalten; und
- Verwendung des decodierten Wert als den aus dem graphischen Muster abgeleiteten Wertes bei dem Vergleich mit dem Referenzwert.

**[0067]** Nach Ausführungsformen ist die Auflösung der Bilderfassungseinheit hinreichend groß, um zumindest die Tintenstrahltröpfchen der pigmentbasierten Tinte voneinander unterscheiden, das heißt, räumlich auflösen, zu können. Nach Ausführungsformen kann auch schon die Fähigkeit, einen gewisse Mindestanteil der Tröpfchen räumlich auflösen zu können, also zum Beispiel mindestens 20% oder mindestens 50% der Tintenstrahltröpfchen mit der pigmentbasierten Tinte.

**[0068]** Nach Ausführungsformen ist die Auflösung der Bilderfassungseinheit mindestens 15  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise mindestens 5  $\mu\text{m}$ . Dies kann vorteilhaft sein, da Tintenstrahltröpfchen gemäß Ausführungsformen der Erfindung einen Durchmesser von 40  $\mu\text{m}$ - 60  $\mu\text{m}$ , z.B. 50  $\mu\text{m}$  haben.

**[0069]** Nach Ausführungsformen ist die Bilderfassungseinheit eine Kamera oder ein Mikroskop. Beispielsweise kann die Bilderfassungseinheit dazu ausgebildet sein, ein oder mehrere digitale Farbbilder von zumindest dem Tintenstrahlruck in dem oder auf dem Dokument aufzunehmen, die als "Prüfbild(er)" bezeichnet werden. Beispielsweise können die Prüfbilder RGB Bilder sein und z.B. als .jpg, .png Bild gespeichert werden.

**[0070]** Nach Ausführungsformen der Erfindung hat das Dokument eine Länge in der Dimension x, eine Breite in der Dimension y und eine Dicke in der Dimension z. Das Verfahren zur Prüfung des Dokuments umfasst ferner:

- Aufnahme mehrerer Prüfbilder in mehreren Ebenen entlang der Dimension z durch die Bilderfassungseinheit; beispielsweise können die Bilder in Abständen von 10  $\mu\text{m}$  oder 20  $\mu\text{m}$  oder einem beliebigen anderen Abstand, vorzugsweise kleiner als 80  $\mu\text{m}$ , aufgenommen werden; jedes der mehreren Prüfbilder ist ein digitales Bild, das zumindest den Tintenstrahlruck des Dokuments in einer z-Ebene des Dokuments abbildet;
- Durchführung der Bildanalyse des Prüfbilds durch die Prüfeinheit derart, dass die Bildanalyse umfasst:
  - Automatische Erfassung der Morphologie der in den mehreren Prüfbildern jeweils abgebildeten Tintenstrahltröpfchen;
  - Automatisches Erfassen der Topologie der in den mehreren Prüfbildern jeweils abgebildeten Tintenstrahltröpfchen, wobei die Topologie eines Tintenstrahltröpfchens eine räumliche Erstreckung des Tintenstrahltröpfchens über eine

oder mehrere der z-Ebenen entlang der z-Dimension beschreibt, wobei die ersten Bereiche diejenigen Prüfbildregionen sind, deren Tintenstrahltröpfchen eine erste Morphologie in Verbindung mit einer ersten Topologie aufweisen, wobei die zweiten Bereiche diejenigen Prüfbildregionen sind, deren Tintenstrahltröpfchen eine zweite Morphologie in Verbindung mit einer zweiten Topologie aufweisen, wobei die zweite von der ersten Topologie abweicht.

**[0071]** Nach Ausführungsformen der Erfindung ist die Morphologie und/oder Topologie von Tintenstrahltröpfchen der **farbstoffbasierten Tinte** charakterisiert durch ein oder mehrere Merkmale ausgewählt aus einer Gruppe umfassend:

- ein durchschnittlicher Tröpfchendurchmesser in z-Richtung von über 15  $\mu\text{m}$ ;
- ein durchschnittlicher Tröpfchendurchmesser in derjenigen z-Ebene des Dokuments, auf welchen der Aufdruck erfolgte, im Bereich 15-100  $\mu\text{m}$ ;
- ein Intensitätsverlauf vom Zentrum nach außen in derjenigen z-Ebene des Dokuments, auf welchen der Aufdruck erfolgte, derart, dass der Intensitätsverlauf homogen ist oder das Tröpfchenzentrum dunkler ist als der Rand;
- unscharfe Tröpfchenränder in allen z-Ebenen des Dokuments, in welchen eines der Prüfbilder erfasst wurde.

**[0072]** Nach Ausführungsformen der Erfindung ist die Morphologie und/oder Topologie von Tintenstrahltröpfchen der pigmentbasierten Tinte charakterisiert durch ein oder mehrere Merkmale ausgewählt aus einer Gruppe umfassend:

- ein durchschnittlicher Tröpfchendurchmesser in z-Richtung im Bereich von maximal 15  $\mu\text{m}$ ;
- ein durchschnittlicher Tröpfchendurchmesser in derjenigen z-Ebene des Dokuments, auf welchen der Aufdruck erfolgte, im Bereich 15-100  $\mu\text{m}$ ;
- ein radialer Intensitätsverlauf vom Zentrum nach außen in derjenigen z-Ebene des Dokuments, auf welchen der Aufdruck erfolgte, derart, dass der Tröpfchenumriss dunkler ist als das Zentrum und einen dunklen Rand um das Tröpfchen bildet;
- scharfe Tröpfchenränder in zumindest einer der mehreren z-Ebenen des Dokuments, in welchen eines der Prüfbilder erfasst wurde.

**[0073]** Nach Ausführungsformen der Erfindung handelt es sich bei dem Bild um ein Gesichts- oder Irisbild einer Person, welcher das Dokument zugeordnet ist.

**[0074]** Nach Ausführungsformen der Erfindung beinhaltet die Prüfeinheit zusätzlich eine Lichtquelle für Licht im sichtbaren Spektralbereich zur Beleuchtung zumindest eines von der Bilderfassungseinheit aufzunehmenden

den Bereichs des Dokuments. Das Wort "beinhalten" umfasst auch Ausführungsformen, in welchen die Lichtquelle mechanisch an die Prüfeinheit gekoppelt ist und z.B. am Gehäuse der Prüfeinheit angebracht ist. Das Verfahren umfasst ferner: Vor der Aufnahme des Prüfbilds, Aktivieren der Lichtquelle, sodass während der Aufnahme zumindest der Tintenstrahl Druck auf dem oder in dem Dokument durch die Lichtquelle beleuchtet ist.

**[0075]** Nach Ausführungsformen der Erfindung beinhaltet die Prüfeinheit zusätzlich eine Infrarotlichtquelle zur Beleuchtung zumindest eines von der Bilderfassungseinheit aufzunehmenden Bereichs des Dokuments. Das Verfahren umfasst ferner:

- Aktivieren der Infrarotlichtquelle;
- Aufnahme eines IR-Prüfbildes durch eine IR-Bilderfassungseinheit, wobei das IR-Prüfbild ein digitales Bild ist, das zumindest den Tintenstrahl Druck des Dokuments abbildet;
- Durchführung einer Bildanalyse des IR-Prüfbilds durch die Prüfeinheit, wobei die Bildanalyse umfasst:
  - Automatische Erfassung dunkler Bereiche des IR-Prüfbildes, wobei ein dunkler Bereich eine durchschnittliche Intensität unterhalb eines vordefinierten Grenzwertes besitzt; und
  - Automatische Rekonstruktion eines digitalen graphischen Musters aus den dunklen Bereichen, wobei das Muster als "IR-Muster" bezeichnet wird;
- Vergleichen des IR-Musters oder eines daraus abgeleiteten Wertes mit einem IR-Muster-Referenzwert zur Prüfung der Echtheit des Dokuments.

**[0076]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine Prüfeinheit mit einer Öffnung für den Empfang eines Dokuments. Das Dokument einen Dokumentenkörper aufweist, in dem oder auf dem ein gedruckter Bereich, hier auch als "Tintenstrahl Druck" bezeichnet, enthalten ist. Die Prüfeinheit umfasst ferner eine Bilderfassungseinheit mit hinreichender Auflösung, um Tintenstrahltröpfchen in dem bedruckten Bereich räumlich auflösen zu können. Die Prüfeinheit umfasst ferner zumindest einen Prozessor und einen nicht-flüchtigen Speicher mit computerinterpretierbaren Instruktionen, die, wenn sie von dem zumindest einen Prozessor ausgeführt werden, bewirken, dass Prüfverfahren gemäß einem der hier beschriebenen Ausführungsformen ausgeführt wird. Insbesondere werden also folgende Schritte nach Empfang des Dokuments von den Komponenten der Prüfeinheit ausgeführt:

- Aufnahme eines Prüfbildes durch die Bilderfassungseinheit, wobei das Prüfbild ein digitales Bild ist, das zumindest den Tintenstrahl Druck des Dokuments abbildet;

- Durchführung einer Bildanalyse des Prüfbilds durch den zumindest einen Prozessor der Prüfeinheit, wobei die Bildanalyse umfasst:

- Automatische Erfassung der Morphologie der im Prüfbild abgebildeten Tintenstrahltröpfchen, aus welchen der Tintenstrahl Druck besteht, wobei die Morphologie eines Tintenstrahltröpfchens dessen räumliche Erstreckung innerhalb des Prüfbildes beschreibt; und
- Automatische Rekonstruktion eines digitalen graphischen Musters aus dem Prüfbild, wobei das Muster ein oder mehrere erste Bereiche und ein oder mehrere zweite Bereiche beinhaltet, wobei die ersten Bereiche diejenigen Prüfbildregionen sind, deren Tintenstrahltröpfchen eine erste Morphologie aufweisen, wobei die zweiten Bereiche diejenigen Prüfbildregionen sind, deren Tintenstrahltröpfchen eine zweite Morphologie aufweisen, wobei die zweite von der ersten Morphologie abweicht;

- Vergleichen des rekonstruierten graphischen Musters oder eines daraus abgeleiteten Wertes mit einem Referenzwert zur Prüfung der Echtheit des Dokuments durch den zumindest einen Prozessor der Prüfeinheit.

**[0077]** Beispielsweise kann die Bilderfassungseinheit dazu ausgebildet sein, mindestens 20% der mit der pigmentbasierten Tinte gedruckten Tröpfchen räumlich voneinander trennen zu können.

**[0078]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein System mit einer Prüfeinheit gemäß Ausführungsformen der Erfindung. Das System umfasst ferner:

- eine IR-Lichtquelle; und/oder
- eine im IR-Spektrum empfindliche Bilderfassungseinheit, z.B. eine IR-sensitive Kamera; und/oder
- eine Lichtquelle für Licht im sichtbaren Spektralbereich; und/oder
- einen automatischen Dokumenteneinzug; und/oder
- eine Kontrollvorrichtung zur Kontrolle des Zugriffs auf oder Zutritts zu: geschützte Daten, Softwarefunktionen, Hardwarefunktionen oder räumliche Bereiche, wobei die Kontrollvorrichtung dazu konfiguriert ist, den Zugriff oder Zutritt nur dann zu gewähren, falls das Prüfverfahren ergibt, dass das Dokument valide ist.

**[0079]** Eine zusätzliche IR-Lichtquelle und/oder eine IR-sensitive Kamera kann zum Beispiel sinnvoll sein, da diese einen zusätzlichen Betriebsmodus erlauben, der eine Erkennung des Musters in dem Tintenstrahl Druck mit geringerem Rechenaufwand erlaubt. Falls die farbstoffbasierten Tinte und die pigmentbasierten Tinte nämlich ein unterschiedliches Absorptionsspektrum im IR-Bereich haben, kann das Muster auch in einem unter IR-

Licht aufgenommenen IR-Prüfbild mit wesentlich geringerer Auflösung (die eine Auflösung der einzelnen Tintenstrahltröpfchen nicht erlaubt) durchgeführt werden, da das Muster unter IR-Licht großflächig von einem IR-sensitiven Sensor erkennbar ist.

**[0080]** Eine Lichtquelle im sichtbaren Bereich kann vorteilhaft sein, da das Prüfgerät nunmehr eine eigene Lichtquelle beinhaltet, um das Prüfbild beispielsweise auch nachts, also bei Abwesenheit von Tageslicht und einer sonstigen externen Weißlichtquelle, verwendet werden kann.

**[0081]** Der Dokumenteneinzug kann vorteilhaft sein, da er sicherstellen kann, dass das Dokument automatisch so positioniert wird, dass die Bilderfassungseinheit den Tintenstrahl Druck an der richtigen Position und im richtigen Abstand zur Erfassungseinheit erfassen kann.

**[0082]** Die Kontrolleinheit kann vorteilhaft sein, da diese sicherstellen kann, dass ein Nutzer nur dann Zugriff oder Zutritt zu einem geschützten Bereich, geschützten Daten oder sonstigen geschützten Entitäten hat, welcher sich mittels des Dokuments als berechtigt authentifiziert hat. Beispielsweise kann das Prüfgerät mit dieser Kontrolleinheit in ein Terminal integriert oder funktional mit dem Terminal verbunden sein. Das Terminal kann beispielsweise bei Grenzkontrollen, bei Flughafenkontrollen, bei Gebäudeeingängen und ähnlichen Anwendungsszenarien zum Einsatz kommen.

**[0083]** In einer Ausführungsform des Prüfgeräts fertigt das Prüfgerät im "IR-Modus", der als "Normalmodus" verwendet wird, nur IR-Prüfbilder an, da diese sich sehr schnell analysieren lassen und so eine hohe Zahl an Personen in kurzer Zeit geprüft werden können. Auf diese Weise können Schlangen vor dem Terminal vermieden werden. Stichprobenartig oder falls die IR-Lichtquelle ausfällt führt das Prüfgerät die Prüfung jedoch im "Weißlichtmodus" durch. Das bedeutet, es wird ein Prüfbild in hoher Auflösung (z.B. mindestens 15 µm, vorzugsweise mindestens 5 µm) unter Weißlicht erfasst und die darin abgebildeten Tintenstrahltröpfchen durch eine Bildanalyse Software analysiert, um das Muster anhand unterschiedlicher Tröpfchenmorphologien und/oder Topologien zu erkennen.

#### Definitionen:

**[0084]** Unter einem Dokument wird hier ein physisches Objekt verstanden, welches zur Verwendung als vertrauenswürdiger Informationsträger bestimmt ist. Insbesondere kann es sich bei dem Dokument um ein Wert- und/oder Sicherheitsdokument handeln.

**[0085]** Soweit in der Beschreibung und in den Ansprüchen der vorliegenden Anmeldung der Begriff "Dokument", "Produkt", "Wert- oder Sicherheitsprodukt" und insbesondere der Begriff "Wert- oder Sicherheitsdokument" genannt werden sind diese synonym zu verstehen und umfassen beispielsweise einen Reisepass, Personalausweis, Führerschein oder eine andere ID-Karte oder einen Zugangskontrollausweis, einen Fahrzeug-

schein, Fahrzeugbrief, Visum, Scheck, Zahlungsmittel, insbesondere eine Banknote, eine Scheck-, Bank-, Kredit- oder Barzahlungskarte, Kundenkarte, Gesundheitskarte, Chipkarte, einen Firmenausweis, Berechtigungsnachweis, Mitgliedsausweis, Geschenk- oder Einkaufsgutschein, Frachtbrief oder einen sonstigen Berechtigungsnachweis, Steuerzeichen, Postwertzeichen, Tickets, (Spiel-)Jetons, Haftetiketten (beispielsweise zur Produktsicherung) oder ein anderes ID-Dokument. Das Produkt kann beispielsweise eine Smartcard sein. Das Sicherheits- oder Wertdokument kann im ID 1-, ID 2-, ID 3- oder in irgendeinem anderen Format vorliegen, beispielsweise in Heftform, wie bei einem passähnlichen Gegenstand.

**[0086]** Ein Dokument kann ein Laminat aus mehreren Dokumentenlagen sein, die passgenau unter Wärmeeinwirkung und unter erhöhtem Druck flächig miteinander verbunden, bspw. verschmolzen sind. Diese Produkte sollen den normierten Anforderungen genügen, beispielsweise den Standards ISO 10373, ISO/IEC 7810, ISO 14443. Die Produktlagen bestehen beispielsweise aus einem Trägermaterial, das sich für eine Lamination eignet. Der Begriff "Wert- oder Sicherheitsprodukt" schließt zusätzlich zu Wert- oder Sicherheitsdokumenten auch Patches, Etiketten und dergleichen ein, die als Sicherheitselemente Bestandteile von Dokumenten sind und hierzu mit dem Dokumententräger unlösbar verbunden sind oder werden und dort das Sicherheitsmerkmal bilden.

**[0087]** Das Dokument kann aus einem Polymer gebildet sein, das ausgewählt ist aus einer Gruppe, umfassend Polycarbonat (PC), insbesondere Bisphenol A-Polycarbonat, Polyethylenterephthalat (PET), deren Derivate, wie Glykol-modifiziertes PET (PETG), Polyethylenaphthalat (PEN), Polyvinylchlorid (PVC), Polyvinylbutyral (PVB), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polyimid (PI), Polyvinylalkohol (PVA), Polystyrol (PS), Polyvinylphenol (PVP), Polypropylen (PP), Polyethylen (PE), thermoplastische Elastomere (TPE), insbesondere thermoplastisches Polyurethan (TPU), Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS) sowie deren Derivate, und/oder Papier und/oder Pappe und/oder Glas und/oder Metall und/oder Keramik. Außerdem kann das Produkt auch aus mehreren dieser Materialien hergestellt sein. Bevorzugt besteht es aus PC, PET und/oder PVC. Die Polymere können entweder gefüllt oder ungefüllt vorliegen. Im letzteren Falle sind sie vorzugsweise transparent oder transluzent. Falls die Polymere gefüllt sind, sind sie opak. Die vorstehenden Angaben beziehen sich sowohl auf miteinander zu verbindende Folien als auch auf Flüssigformulierungen, die auf ein Vorprodukt aufgebracht werden, wie einen Schutz- oder Decklack.

**[0088]** Bevorzugt wird das Dokument aus 3 bis 12, vorzugsweise 4 bis 10 Folien, hergestellt, vorzugsweise mit einem Laminierverfahren, bei dem die Folien unter Druck- und Wärmeeinwirkung miteinander verschmolzen werden. Die einzelnen Folien können aus dem gleichen Material oder aus unterschiedlichen Materialien be-

stehen. Derart gebildete Overlaylagen schützen ein darunter angeordnetes Sicherheitsmerkmal und/oder verleihen dem Dokument die erforderliche Abriebfestigkeit.

[0089] Soweit nachfolgend die Begriffe "individualisiert" und "individualisierend" verwendet werden, so ist darunter eine Eigenschaft eines Wert- oder Sicherheitsdokuments zu verstehen, der zufolge das Dokument einem bestimmten Subjekt (Person, Organisation, Tier, Gegenstand) zuordenbar ist. Soweit nachfolgend die Begriffe "personalisiert" und "personalisierend" verwendet werden, so ist darunter die Eigenschaft eines Wert- oder Sicherheitsdokuments zu verstehen, der zufolge das Dokument einer Person zuordenbar ist. Diese Eigenschaft ergibt sich aus vorgegebenen Sicherheitsmerkmalen der Wert- oder Sicherheitsprodukte, vorzugsweise aus dem erfindungsgemäßen Sicherheitsdruck.

[0090] Soweit in der Beschreibung und in den Ansprüchen der vorliegenden Anmeldung der Begriff "Farbeindruck" oder "Farbe" verwendet wird, ist darunter der auf einen menschlichen Betrachter wirkende optische Eindruck im Hinblick auf die Farbwirkung zu verstehen, wobei sich diese unterschiedlichen Eindrücke aus unterschiedlichen Farbtönungen, d.h. spektral unterschiedlichen Absorptionen, und/oder Helligkeiten eines Druckes ergeben können. Der Farbeindruck kann sich auch durch zusammenwirkende, nah beieinander liegende diskrete Farbtöne ergeben, die bei einem menschlichen Betrachter einen Farbeindruck hervorrufen, welcher sich von jedem einzelnen der nah beieinander liegenden Farbtöne unterscheidet.

[0091] Unter einer "Tinte" wird hier eine Flüssigkeit jeglicher Viskosität bezeichnet, die eine Verwendung durch einen Tintenstrahldrucker erlaubt, und in welcher ein oder mehrere Farbmittel enthalten sind. Vorzugsweise hat die Tinte eine geringe Viskosität. Unter dem Begriff "Farbmittel" sind Stoffe mit bestimmten, zumindest im visuellen Spektralbereich und optional in weiteren Spektralbereichen absorbierenden Eigenschaften zu verstehen. Farbmittel sind Substanzen, die dem Stoff (z.B. der Tinte bzw. dem Lösungsmittel), in dem sie enthalten sind, die entsprechende Farbe verleihen.

[0092] Unter einer "farbstoffbasierten Tinte" wird hier eine Tinte verstanden, die aus einer Flüssigkeit - typischerweise Wasser - und darin gelösten Farbmitteln besteht. Es können bei manchen farbstoffbasierten Tinten Lösungsvermittler zum Einsatz kommen. Die Farbmittel, die in einer farbstoffbasierten Tinte gelöst sind, werden als "Farbstoff" bezeichnet. Unter einem "Farbstoff" wird hier ein Stoff oder ein Stoffgemisch verstanden, der eine Lichtabsorption im sichtbaren Spektralbereich aufweist und sich im Gegensatz zu einem Farbpigment in einer Flüssigkeit, insbesondere Wasser, chemisch löst.

[0093] Unter einer "pigmentbasierten Tinte" wird hier eine Tinte verstanden, die aus einer Flüssigkeit mit darin dispergierten Pigmenten besteht. Pigmente sind im Gegensatz zu Farbstoffen nicht löslich. Sie sind in der Tintenflüssigkeit - typischerweise Wasser - in partikulärer

Form dispergiert. Pigmente können insbesondere anorganische Pigmente oder Rußpartikel umfassen. Unter einem "Pigment" wird hier ein Stoff oder ein Stoffgemisch verstanden, der bzw. das eine Lichtabsorption zumindest im sichtbaren Spektralbereich aufweist.

[0094] Unter einer "Druckfarbe", auch "Farbton" genannt, wird hier die Farbe verstanden, die das menschliche Auge bei Betrachtung eines Ausdrucks, der mit einer bestimmten Tinte erzeugt wurde, wahrnimmt, wenn der Ausdruck mit Licht des sichtbaren Spektralbereichs beleuchtet wird. In Ausführungsformen in welchen das Prüfbild als monochromatisches digitales Bild erfasst wird bezieht sich der Begriff "Druckfarbe" vorzugsweise auf den Intensitätswert dieser Farbe in dem einen Farbkanal des monochromatischen digitalen Prüfbilds.

[0095] Ein "Sicherheitsmerkmal" ist eine charakteristische Eigenschaft eines Dokuments, die die Authentizität (Echtheit) eines Dokuments beweisen und eine Fälschung unmöglich machen oder zumindest erheblich erschweren sollen. Beispielsweise können holografisch-kinematische Merkmale, Oberflächenprägungen, und Wasserzeichen, Wasserzeichen, UV-Wasserzeichen, spezielle Papierqualität oder Kartenkörperbeschaffenheit, beispielsweise mit integrierten Fasern, mehrfarbig verarbeitete Guillochen, Druckelemente mit Kippeffekt, Schriftelemente mit Mikroschrift oder dergleichen als Sicherheitsmerkmal dienen. Ein Dokument nach einer Ausführungsform der Erfindung beinhaltet zumindest ein Sicherheitsmerkmal in Form eines per Tintenstrahldruck in das oder auf das Dokument gedruckten Bildes, das ein Muster enthält, das bei sichtbarem Licht vom menschlichen Auge nicht erkennbar ist, das aber mittels einer Bildanalyse der Tröpfchen dieses Tintenstrahldrucks erkannt werden kann.

[0096] Ein "Tintenstrahldrucker" ist ein Drucker, insbesondere ein Matrixdrucker, bei denen durch den gezielten Abschuss und/oder das Ablenken kleiner Tintentröpfchen ein Druckbild erzeugt wird.

[0097] Ein "Absorptionsspektrum" ist ein Farb- bzw. elektromagnetisches Spektrum, das entsteht, wenn breitbandiges (weißes) Licht Materie durchstrahlt und Lichtquanten (Photonen) bestimmter Wellenlängen oder Wellenlängenbereiche dabei absorbiert werden (Resonanzabsorption). Die absorbierten Photonen fehlen im hindurchtretenden Licht, weshalb das Spektrum bei den betreffenden Wellenlängen dunkel oder im Extremfall schwarz ist. Werden die Photonen absorbiert, indem sie Atome anregen, handelt es sich um scharf definierte Energiebeträge und damit Wellenlängen, und die dunklen Bereiche sind dementsprechend schmale Linien. In Molekülen liegen dagegen oft viele absorbierbare Energiewerte dicht beieinander und bilden im Spektrum breitere dunkle Bereiche, sogenannte Absorptionsbanden. In jedem Fall ist das beobachtete Absorptionsspektrum charakteristisch für die Art der Materie, die die Strahlung durchquert.

[0098] Soweit in der Beschreibung und in den Ansprüchen der vorliegenden Anmeldung der Begriff "visuell"

verwendet wird, ist darunter die visuelle Wahrnehmungsfähigkeit eines normalsichtigen Menschen zu verstehen, insbesondere bezüglich des Spektrums der wahrgenommenen Wellenlängen.

**[0099]** Unter "**Weißlicht**", "sichtbarem Licht" oder "Licht im sichtbaren Spektralbereich" wird hier breitbandiges Licht im für das menschliche Auge sichtbaren Spektralbereich verstanden, z.B. Tageslicht oder Licht einer Lampe mit einem dem Tageslicht ähnlichen Emissionsspektrum im sichtbaren Wellenlängenbereich. Die Verteilung der Wellenlängen des Weißlichts ist kontinuierlich. Insbesondere umfasst Weißlicht breitbandiges Licht mit Wellenlängen zwischen ca. 380 und 780 nm.

**[0100]** Unter "**Licht im Infrarot (IR)-Bereich**", "Infrarotstrahlung", oder "IR-Strahlung", wird hier elektromagnetische Strahlung im Spektralbereich zwischen sichtbarem Licht und der längerwelligen Terahertzstrahlung verstanden. Insbesondere ist damit Licht mit einer Wellenlänge zwischen 780 nm und 1 mm gemeint. Dies entspricht einem Frequenzbereich von 300 GHz bis 400 THz bzw. einem Wellenzahlbereich von  $10\text{ cm}^{-1}$  bis  $12800\text{ cm}^{-1}$ .

**[0101]** Ein "**digitales Bild**" ist ein Datensatz, in dem Bildinhalte repräsentiert und gespeichert werden. Insbesondere kann es sich bei dem digitalen Bild um einen Datensatz handeln, in dem der Inhalt eines Bildes durch ganze Zahlen repräsentiert wird. Insbesondere kann es sich bei dem digitalen Bild um eine Rastergraphik handeln.

**[0102]** Ein "**Prüfbild**" ist ein digitales Bild, welches zumindest denjenigen Teil des Dokumentes abbildet, welches den Tintenstrahldruck beinhaltet, und welches dadurch erzeugt wurde, dass eine Bilderfassungseinheit diesen Teil digital erfasst hat. Vorzugsweise erfolgt die Erfassung bei Weißlicht und mit hoher Auflösung.

**[0103]** Ein "**IR-Prüfbild**" ist ein digitales Bild, welches zumindest denjenigen Teil des Dokumentes abbildet, welches den Tintenstrahldruck beinhaltet, und welches dadurch erzeugt wurde, dass eine Bilderfassungseinheit diesen Teil digital erfasst hat, während zumindest dieser Teil des Dokuments mit Infrarotlicht bestrahlt wurde.

**[0104]** Unter einer "**Prüfeinheit**" wird hier ein Gerät oder eine Gerätekomponekte bezeichnet, welche dazu ausgebildet ist, die Echtheit eines Dokuments anhand mindestens eines Sicherheitsmerkmals des Dokuments zu prüfen.

**[0105]** Unter einer "**Bilderfassungseinheit**" oder "Weißlicht-Bilderfassungseinheit" wird hier ein Gerät oder eine Gerätekomponekte bezeichnet, welche mindestens eine Apparatur zur Erfassung eines digitalen Bildes eines physischen Objekts beinhaltet oder selbst diese Apparatur ist, wobei die Apparatur im sichtbaren Frequenzbereich sensitiv ist. Die Apparatur kann z.B. eine Kamera oder ein Mikroskop sein. Optional kann die Bilderfassungseinheit eine weitere Apparatur zur Erfassung eines digitalen Bildes eines physischen Objekts beinhalten, z.B. eine Kamera oder ein Mikroskop, wobei diese weitere Apparatur in einem Wellenlängenbereich

außerhalb des sichtbaren Lichts, z.B. im IR-Bereich, sensitiv ist. Falls der Wellenlängenbereich außerhalb des sichtbaren Lichts der IR-Bereich ist, kann die weitere Apparatur auch als "IR-Bilderfassungseinheit" bezeichnet werden. Es ist auch möglich, dass die gleiche Kamera bzw. das gleiche Mikroskop sowohl im sichtbaren Frequenzbereich als auch in diesem anderen Frequenzbereich, z.B. dem IR-Bereich, sensitiv ist und sowohl als "Weißlicht-Bilderfassungseinheit" als auch als "IR-Bilderfassungseinheit" verwendet wird, z.B. um Prüfbilder und IR-Prüfbilder mit der gleichen Apparatur zu erfassen.

**[0106]** Unter einer "**IR-Bilderfassungseinheit**" wird hier ein Gerät oder eine Gerätekomponekte bezeichnet, welche mindestens eine Apparatur zur Erfassung eines digitalen Bildes eines physischen Objekts beinhaltet oder selbst diese Apparatur ist, wobei die Apparatur im IR-Frequenzbereich sensitiv ist. Die Apparatur kann z.B. eine Kamera oder ein Mikroskop sein.

**[0107]** Unter einer "**Kamera**" wird hier eine fototechnische Apparatur bezeichnet, die statische oder bewegte Bilder auf einem fotografischen Film oder elektronisch auf ein digitales Speichermedium aufzeichnen oder über eine Schnittstelle als digitales Bild an einen Empfänger übermitteln kann. Die Kamera kann eine einlinsige oder mehrlinsige (Okular und Objektiv umfassende) Optik haben. Das Bild wird von einem Objektiv auf einem Film (Analogkamera) oder auf einem elektronischen Sensor (Digitalkamera) an der gegenüberliegenden Kamerawand erzeugt. Manche Kameras beinhalten einen Auslöser und einen Verschluss (Blende). Mit dem Auslöser wird der Verschluss am Objektiv für eine sehr kurze Zeit geöffnet, sodass das Licht durch das Objektiv fallen und ein Bild aufgenommen werden kann.

**[0108]** Unter einem "**Mikroskop**" wird hier ein Lichtmikroskop verstanden, also ein optischer Apparat zur Bilderfassung, der stark vergrößerte Bilder von kleinen Strukturen oder Objekten mit Hilfe von Licht erzeugen kann. Die Vergrößerung erfolgt gemäß den Gesetzen der Optik unter Ausnutzung von Lichtbrechung an Glaslinsen. Insbesondere kann es sich bei dem Mikroskop um ein Auflichtmikroskop handeln, aber auch Hellfeldmikroskope können in manchen Ausführungsformen verwendet werden, z.B. bei Dokumenten mit transparentem Dokumentenkörper. Das Mikroskop kann ein "einfaches" oder "zusammengesetztes" Mikroskop sein. Einfache Mikroskope besitzen nur ein einzelnes optisches System zur Vergrößerung und funktionieren wie eine Lupe (zum Prinzip der Vergrößerung siehe dort). Es kann eine einzelne Glaslinse oder ein Verbund mehrerer Einzellinsen verwendet werden. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Mikroskop um ein zusammengesetztes Mikroskop bestehend aus mindestens zwei hintereinander geschalteten optischen Systemen mit jeweils eigener Vergrößerung. Das vordere, das Objektiv, erzeugt ein vergrößertes reelles Bild, das Zwischenbild, welches vom Okular ein zweites Mal vergrößert wird. Das Okular funktioniert dabei wie eine Lupe und erzeugt ein virtuelles Abbild des Zwischenbildes. Die Gesamtvergrößerung des Mikros-

kops ist das Produkt aus Objektivvergrößerung und Okularvergrößerung. Bei einem 20x Objektiv und einem 10x Okular beträgt die Gesamtvergrößerung also 200x. Bei manchen Mikroskopen sind mehrere Objektive drehbar gelagert, sodass je ein Objektiv und ein beliebiges der Okulare durch eine mechanische Drehung der Lagersachse frei miteinander kombiniert werden können um eine gewünschte Auflösung zu erzielen. Einige Kameras mit hoher Auflösung können auch als Mikroskop verwendet und als "Mikroskop im weiteren Sinne" bezeichnet werden, jedoch verfügen Kameras im Gegensatz zu Mikroskopen im engeren Sinne in der Regel nicht über die mehreren drehbar gelagerte Objektive.

**[0109]** Unter der "**Morphologie**" eines Tintenstrahltröpfchens wird hier eine Spezifikation von ein oder mehreren Merkmalen des Tintenstrahltröpfchens bezüglich dessen räumlicher Erstreckung in x- und y-Richtung verstanden. Die räumliche Ausdehnung des Dokuments in "z-Richtung" entspricht der Dicke des Dokuments. Die Länge des Dokuments kann z.B. in der "x-Richtung" und die Tiefe in der "y-Richtung" spezifiziert sein. Zu der Morphologie gehört also insbesondere der Tröpfchendurchmesser in der x-y Ebene gemessen, aber auch die Umrissgröße und Form und/oder die Intensitätsverteilung der Pixel des Tröpfchens, z.B. der Intensitätsverlauf vom Zentrum des Tröpfchens zu den Rändern hin, wenn man ein Bild eines Querschnitt des Tröpfchens in einer xy-Ebene erfasst. Die Morphologie umfasst nicht die räumliche Erstreckung des Tröpfchens in z-Richtung. Die Morphologie eines Tröpfchens ist also eine Beschreibung der räumlichen Erstreckung des Tröpfchens und optional weiterer Eigenschaften im zweidimensionalen Raum, also einer Ebene. Diese Ebene ist vorzugsweise die Ebene, auf welche zumindest Teile des Bildes auf das Dokument gedruckt wurde, oder eine Ebene parallel zu dieser.

**[0110]** Unter der "**Topologie**" eines Tintenstrahltröpfchens wird hier eine Spezifikation der Morphologie des Tröpfchens in Kombination mit einer Spezifikation von ein oder mehreren Merkmalen des Tintenstrahltröpfchens bezüglich dessen räumlicher Erstreckung in z-Richtung verstanden. Die räumliche Ausdehnung des Dokuments in "z-Richtung" entspricht der Dicke des Dokuments. Die Länge des Dokuments kann z.B. in einer "x-Richtung" und die Tiefe in "y-Richtung" spezifiziert sein. Falls das Dokument mehrere Materialsichten beinhaltet und/oder aus mehreren Materialsichten erzeugt wurde, spezifiziert die Topologie des Tröpfchens dessen Erstreckung über ein oder mehrere Materialebenen in z-Richtung. Zu der Topologie kann also insbesondere der Tröpfchendurchmesser in z-Richtung gehören, aber auch die Umrissgröße und Form und/oder die Intensitätsverteilung der Pixel des Tröpfchens, z.B. der Intensitätsverlauf vom Zentrum des Tröpfchens zu den Rändern hin, wenn man ein Bild eines Querschnitt des Tröpfchens in einer x-z oder y-z Ebene erfasst. Die Topologie eines Tröpfchens ist also eine Beschreibung der räumlichen Erstreckung des Tröpfchens und optional

weiterer Eigenschaften in alle drei Raumrichtungen.

**[0111]** Unter einem "**Muster**" wird hier eine optisch (vom menschlichen Auge oder durch einen optischen Sensor) erfassbare Struktur auf oder in einem physischen Objekt verstanden. Das Muster beinhaltet ein mit einer gewissen Regelmäßigkeit sich wiederholendes graphisches Element. Z.B. kann das Muster ein Code sein, z.B. ein Barcode, der mehrere Striche enthält, oder ein 2D code, der mehrere Quadrate gitterförmig angeordnet hat. Im Zuge einer Mustererkennung wird ein Eingangsbild analysiert um die sich regelmäßig wiederholenden graphischen Elemente zu erkennen sowie das Muster, welches aus diesen Elementen gebildet wird.

## 15 Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0112]** Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung mit Bezug auf die Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 ein exemplarisches Flussdiagramm einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Dokuments mit einem Dokumentenkörper und einem mit dem Dokumentenkörper verbundenen, visuell nicht wahrnehmbaren Sicherheitsmerkmal;

Fig. 2 ein Blockdiagramm eines Tintenstrahldruckers, der zur Herstellung des Sicherheitsmerkmals verwendet wird;

Fig. 3 ein exemplarisches Flussdiagramm von Teilschritten eines Verfahrens zur Prüfung eines Dokuments anhand dessen Sicherheitsmerkmal;

Fig. 4 eine Illustration von Teilschritten der Erzeugung des Sicherheitsmerkmals aus einem Bild und einem Muster;

Fig. 5 eine beispielhafte Ausführung einer Variante eines erfindungsgemäßen Dokuments;

Fig. 6 verschiedene Ausschnitte des durch Tintenstrahldruck erzeugten Sicherheitsmerkmals in unterschiedlichen Vergrößerungen;

Fig. 7 eine dreidimensionale Illustration unterschiedlicher Tröpfchenmorphologien und Topologien in einem mehrschichtigen Dokumentenkörper;

Fig. 8 ein Blockdiagramm einer Prüfeinheit;

Fig. 9 ein Blockdiagramm eines Systems mit der Prüfeinheit und mehreren Lichtquellen und Bilderfassungseinheiten; und

**[0113]** Figur 1 illustriert einige Schritte eines Verfah-

rens zur Herstellung eines Dokuments mit einem mit dem Dokumentenkörper des Dokuments verbundenen, visuell unter Tageslicht/"Weißlicht" nicht wahrnehmbaren Sicherheitsmerkmal gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Bei dem Dokument kann es sich um ein beliebiges Wert- oder Sicherheitsdokument handeln, also zum Beispiel einen Personalausweis, einen Reisepass, einen Geldschein, einen Mitarbeiterausweis, ein Mitgliedsausweis, eine Kreditkarte, einen Führerschein oder dergleichen. Das Dokument umfasst einen Dokumentenkörper, der aus ein oder mehreren Schichten aufgebaut sein kann. Der Dokumentenkörper bzw. die einzelnen Schichten können aus verschiedenen Materialien bestehen, zum Beispiel Karton, Plastik, insbesondere Polycarbonat, Metall, Holz oder Kombinationen hiervon, insbesondere Verbundstoffe aus Metall, Plastik und/oder Karton. Das Dokument kann in manchen Fällen weitere Elemente enthalten, zum Beispiel eine Chipkarte, ein Magnetstreifen, ein Datenspeicher, eine RFID Antenne oder dergleichen. Auf dem oder in dem Dokumentenkörper können Sicherheitsmerkmale angebracht sein, zum Beispiel Hologramme, komplex gestaltete Aufdrucke, etc. Im Folgenden soll das Aufbringen eines weiteren Sicherheitsmerkmal in das oder auf das Dokument bzw. dessen Dokumentenkörper beschrieben werden, welches vom menschlichen Auge bei Beleuchtung des Dokuments im sichtbaren Licht nicht sichtbar ist.

**[0114]** Zunächst wird in Schritt 102 ein spezieller Tintenstrahldrucker 200 bereitgestellt, wie diese in Figur zwei beispielhaft illustriert ist. Der Tintenstrahldrucker beinhaltet zumindest einen ersten Tank mit einer farbstoffbasierten Tinte und einen zweiten Tank mit einer pigmentbasierten Tinte. Das Absorptionsspektrum der farbstoffbasierten Tinte und das Absorptionsspektrum der pigmentbasierten Tinte sind einander so ähnlich, dass ein Tintenstrahldruck mit der farbstoffbasierten Tinte und ein Tintenstrahldruck mit der pigmentbasierten Tinte (des gleichen Objekts bzw. Bildmotivs) bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich durch das menschliche Auge ununterscheidbar sind.

**[0115]** Beispielsweise können beide Tinten im sichtbaren Licht die Farbe Schwarz aufweisen. Bei der farbstoffbasierten Tinte kann es sich zum Beispiel um Tinte mit Solvent Black 27 und bei der pigmentbasierten Tinte um Tinte mit Carbon Black handeln.

**[0116]** Alternativ dazu können beide Tinten im sichtbaren Licht die Farbe Magenta aufweisen. Bei der farbstoffbasierten Tinte kann es sich zum Beispiel um Solvent Red 26 und bei der pigmentbasierten Tinte um eine Tinte mit Quinacridon handeln.

**[0117]** Alternativ dazu können beide Tinten im sichtbaren Licht die Farbe Cyan aufweisen. Bei der farbstoffbasierten Tinte kann es sich zum Beispiel um Solvent Blue 78 und bei der pigmentbasierten Tinte um Tinte mit Cu-Phthalocyanin handeln.

**[0118]** Alternativ dazu können beide Tinten im sichtbaren Licht die Farbe Gelb aufweisen. Bei der farbstoffbasierten Tinte kann es sich zum Beispiel um Tinte mit

Solvent Yellow 124 und bei der pigmentbasierten Tinte um Tinte mit Brilliantgelb handeln.

**[0119]** Optional kann der Tintenstrahldrucker weitere Tanks für weitere pigmentbasierte oder farbstoffbasierte Tinten beinhalten.

**[0120]** In einem weiteren Schritt 104 wird ein digitales grafisches Muster bereitgestellt. Beispielsweise kann das Muster in einem Bildbearbeitungsprogramm und/oder in einem Programm zur Bedienung des Tintenstrahldruckers automatisch, semi-automatisch und/oder manuell von einem Nutzer dieses Bildbearbeitungsprogramms bzw. Tintenstrahldruckerprogramms erstellt werden. Das Muster wird gebildet aus ein oder mehreren ersten Bereichen und ein oder mehreren zweiten Bereichen. Beispielsweise kann es sich bei den ein oder mehreren ersten Bereichen um eine Vielzahl von ersten Quadraten handeln und bei den ein oder mehreren zweiten Bereichen um eine Vielzahl von zweiten Quadraten, wobei die ersten und zweiten Quadrate so auf einem rechteckigen Flächenbereich positioniert sind, dass sie einen Matrixcode, z.B. einen QR code, ausbilden.

**[0121]** In Schritt 106 erfolgt eine Bereitstellung eines mit dem Dokument zu verbindenden digitalen Bildes. Beispielsweise kann das Bild ebenfalls in dem oben genannten Grafikprogramm oder Druckerprogramm importiert oder erzeugt und optional auch bearbeitet werden. Bei dem Bild kann es sich um beliebige Bilder handeln, zum Beispiel um Fotos von Gesichtern, Gebäuden, sonstigen physischen Objekten, und/oder um digitale Bilder von Zahlen, Buchstaben oder Symbolen handeln. Vorzugsweise haben die Bilder einen Bezug zu einer Person oder Institution, für welche oder von welcher das Dokument ausgestellt wird. Beispielsweise kann es sich bei dem Bild um das Gesichtsbild der Person handeln, für welche das Dokument (zum Beispiel Personalausweis oder Reisepass) ausgestellt wird. Es kann sich bei dem Bild aber auch um das Logo einer Bank oder einer Firma handeln, welche die Erstellung des Dokuments in Auftrag gibt, zum Beispiel um als Kreditkarte für Kunden oder als Mitarbeiterausweis für Mitarbeiter zu dienen. Alternativ dazu kann es sich bei dem Bild zum Beispiel um eine Zahl handeln, die zum Beispiel den durch das Dokument repräsentierten Wert (dokumentenbasierter Geldschein/Bezahlkarte) repräsentiert. Bei dem Bild kann es sich um ein monochromatisches Bild handeln oder um ein Mehrfarbenbild, zum Beispiel in den Farbräumen RGB oder CMYK. Vorzugsweise enthält das Bild so viele Kanäle wie Farbtanks in dem Tintenstrahldrucker vorhanden sind.

**[0122]** In einem weiteren Schritt 108 wird das grafische Muster und das digitale Bild überlagert.

**[0123]** Beispielsweise kann die Überlagerung von dem oben genannten Bildbearbeitungsprogramm oder dem Druckerprogramm durchgeführt werden. Beispielsweise bedeutet die Überlagerung, dass das Muster und damit auch dessen erste und zweite Bereiche auf eine bestimmte Weise auf das digitale Bild abgebildet wird. Beispielsweise kann die Überlagerung beinhalten, dass zu-

nächst in dem digitalen Bild nach möglichst großen Bereichen gesucht wird, deren Pixel eine besonders hohe und vorzugsweise homogene Intensität in demjenigen Farbkanal haben, dessen Farbe der Farbe der farbstoffbasierten Tinte in dem ersten Tank und der pigmentbasierten Tinte in dem zweiten Tank entspricht.

**[0124]** Falls es sich bei der "Farbe" der Druckfarben in dem ersten und zweiten Tank also um "schwarz" handelt, würde das digitale Bild nach denjenigen Bereichen durchsucht, die einen besonders hohen und homogenen Anteil schwarzer Pixel (bzw. RGB-Pixel mit sehr niedrigem Intensitätswert) beinhalten. Auf diesen dynamisch identifizierten Bereich würde sodann das Muster abgebildet. Nach Ausführungsformen der Erfindung wird also das Muster, das nicht die gesamte Fläche des Bildes einnimmt, an der Region des Bildes überlagert, welche die kleinsten Schwankungen des Anteils an schwarzer Druckfarbe aufweist. Dabei genügt es in einer Ausführungsform, wenn die Schwankungen des Anteils an schwarzer Druckfarbe in den Bereichen minimiert werden, die mit der pigmentbasierten Tinte gedruckt werden. Die Information über die Schwarzanteile kann bereits beim sogenannten Rendern des Fotos in die einzelnen Druckfarben vorliegen bzw. durch eine entsprechende Analyse erzeugt werden. Das Muster kann dann an unterschiedlichen Stellen des Bildes positioniert werden, und die jeweilige Schwankung der Anteile an schwarzer Druckfarbe kann ermittelt werden.

**[0125]** In anderen Ausführungsformen kann die Überlagerung aber auch so erfolgen, dass das Muster auf das digitale Bild nach einem festen, vordefinierten Schema abgebildet wird unabhängig vom Inhalt des digitalen Bildes.

**[0126]** Das Verfahren beinhaltet einen weiteren Schritt 110, in welchem der Tintenstrahldrucker das digitale Bild auf den oder in den Dokumentenkörper druckt. Der Druckvorgang erfolgt derart, dass die farbstoffbasierte Tinte, aber nicht die pigmentbasierte Tinte zum Druck der mit den ersten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet wird und dass die pigmentbasierte Tinte, aber nicht die farbstoffbasierte Tinte zum Druck der mit den zweiten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet wird. Die Verteilung der farbstoffbasierten Tinte und der pigmentbasierten Tinte in dem gedruckten Bild bildet das Sicherheitsmerkmal. Da die Absorptionsspektren der farbstoffbasierten Tinte und der pigmentbasierten Tinte einander so ähnlich sind, dass ein Tintenstrahldruck mit der farbstoffbasierten Tinte und ein Tintenstrahldruck mit der pigmentbasierten Tinte (bei Identität des gedruckten Objekts bzw. Bildmotivs) bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich durch das menschliche Auge ununterscheidbar sind, ist auch das durch die Überlagerung erzeugte gedruckte Muster der farbstoffbasierten Tinte und der pigmentbasierten Tinte in dem gedruckten Bild unter Weißlicht unsichtbar.

**[0127]** In manchen Ausführungsformen ist das Muster ein Code, der Daten kodiert, die mit dem Dokument direkt

oder indirekt in Beziehung stehen. Beispielsweise können die Daten Informationen beinhalten, die spezifisch dem Herausgeber des Dokuments, der Person, der das Dokument zugewiesen ist, zugehören und/oder bekannt sind. Bei den Daten kann es sich insbesondere um Daten handeln, die für das Dokument und/oder die Person einzigartig sind. Beispielsweise kann es sich bei den Daten um eine Kombination aus Kontonummer und Bankleitzahl, um eine Kreditkartennummer, um eine Personalausweisnummer, eine Seriennummer eines dokumentenbasierten Geldscheins oder dergleichen handeln.

**[0128]** Diese Daten können in manchen Ausführungsformen noch auf andere Weise zusätzlich in oder auf dem Dokument oder dessen Dokumentenkörper enthalten sein. Beispielsweise kann das Dokument einen Datenspeicher, z.B. einen Magnetstreifen oder einen Chip mit integriertem Speicher, beinhalten, in welchem die in dem Muster kodierten Daten ebenfalls gespeichert sind. Im Zuge der Dokumentenprüfung können diese von der Prüfeinheit ausgelesen und mit den dekodierten Daten des ebenfalls ausgelesenen gedruckten Codes verglichen werden. Stimmen die verglichenen Werte nicht überein, wird von einer Fälschung des Dokuments ausgegangen.

**[0129]** Beispielsweise kann in manchen Ausführungsformen im Zuge der Erzeugung oder Personalisierung des Dokuments ein kryptographisches Schlüsselpaar erzeugt werden, das spezifisch für dieses Dokument und/oder eine Person, für welche das Dokument erstellt wird, ist. Das kryptographische Schlüsselpaar umfasst einen privaten und einen dazu korrespondierenden öffentlichen Schlüssel. Mit dem öffentlichen Schlüssel werden die mit dem Dokument in Bezug stehenden, für das Dokument einzigartigen Daten verschlüsselt. Mit dem öffentlichen Schlüssel des Schlüsselpaars werden die für das Dokument einzigartigen Daten verschlüsselt und in einem weiteren Schritt in einen graphischen Code codiert, bspw. ein Barcode oder ein Matrixcode. Danach wird dieser Matrixcode mit einem Foto, das auf das oder in das Dokument gedruckt werden soll, überlagert und das überlagerte Bild wie oben beschrieben gedruckt.

**[0130]** Bei einer Ausgestaltung des Herstellungsverfahrens werden Informationen über das Material des Dokumentenkörpers, des Druckprozesses, des Vorhandenseins von Oberflächenbeschichtungen, und/oder der verwendeten Tinten in maschinenlesbarer Form auf dem oder in dem Dokument angebracht, z.B. als weiterer Aufdruck, als Gravur oder als Datensatz in einem Datenspeicher des Dokuments oder in einer externen Datenbank in Verbindung mit einer ID des Dokuments gespeichert. Das Prüfgerät kann dazu konfiguriert sein, im Zuge der Prüfung diese Informationen vom Dokument oder der Datenbank zu lesen und bei der Bildanalyse zu verwenden, um die Erkennung des Musters zu verbessern.

**[0131]** **Figur 2** zeigt ein Blockdiagramm eines Tintenstrahldruckers 200 mit mehreren Farbtanks 218, welche zur Durchführung des in **Figur 1** beschriebenen Herstellungsverfahrens eines Dokuments verwendet werden



kann. Die Farbtanks beinhalten zumindest einen ersten Tank 228 mit einer farbstoffbasierten Tinte 216 und einen zweiten Tank 226 mit einer pigmentbasierten Tinte 214. Die farbstoffbasierte Tinte 216 und die pigmentbasierte Tinte 214 haben eine Farbe, die vom menschlichen Auge unter Weißlicht als identisch wahrgenommen wird. Beispielsweise kann diese Farbe "schwarz" sein. In manchen Ausführungsformen ist es möglich, dass die farbstoffbasierte Tinte 216 und die pigmentbasierte Tinte 214 zumindest unter Licht anderer Wellenlängen, zum Beispiel unter Infrarotlicht, oder unter UV-Licht, deutlich unterschiedliche Absorptionseigenschaften haben, sodass Tinten- und pigmentbasierte Tinte und entsprechende Ausdrücke unter diesem Licht für das menschliche Auge deutlich unterscheidbar sind.

**[0132]** Die Farbtanks können in manchen Ausführungsformen ein oder mehrere weitere Tanks umfassen, sodass das Drucken beispielsweise im CMYK-Farbmodus möglich ist. In einer Ausführungsform umfassen die Tanks 218 einen Tank 220 mit Cyan-Farbe 208, einen Tank 222 mit magentafarbener Tinte 210, und einen weiteren Tank 224 mit gelber Tinte 212.

**[0133]** Beispielsweise können die Tinten wie folgt hergestellt werden: Zunächst wird eine Mischung von 149,0 g (0,65 Mol) Bisphenol A (2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-propan und 107,9 g (0,35 Mol) 1, 1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-3,3,5-trimethylcyclohexan zu einem Polycarbonatderivat umgesetzt werden. Das Polycarbonatderivat zeigte eine relative Lösungsviskosität von 1,263. Eine flüssige Zubereitung wurde aus 17,5 Gew.-%Teile des Polycarbonatderivats und 82,5 Gew.-%Teile eines Lösungsmittel-Gemisches mit folgenden Komponenten hergestellt:

• Mesitylen:	2,4
• 1-Methoxy-2-propanolacetat:	34,95
• 1,2,4-Trimethylbenzol	10,75
• Ethyl-3-ethoxypropionat	33,35
• Cumol	0,105
• Solvent Naphtha	18,45

**[0134]** Es wird eine farblose, hochviskose Lösung mit einer Lösungsviskosität bei Raumtemperatur von 800 mPas erhalten.

**[0135]** In einem nächsten Schritt werden in einem 50 mL Weithalsgewindeglas 4 g Polycarbonatlösung aus Beispiel 2 und 30 g des Lösungsmittelgemisches aus Beispiel 2 mit einem Magnetrührer homogenisiert. Es wurde eine farblose, niederviskose Lösung mit einer Lösungsviskosität bei Raumtemperatur von 1,67 mPa s erhalten. Die Oberflächenspannung dieser Basistinte wurde mit einem OEG Surfens Meßsystem nach der Pendant drop Methode mit  $21,4 \pm 1,9$  mN/m bestimmt. Im nächsten Schritt erfolgt die Zugabe des oder der gewünschten Pigmente oder des oder der gewünschten Farbstoffe in Mengen die zur Bewirkung eines bestimmten Farbtons nötig sind. Alternative Zusammensetzungen für Tinten für den Tintenstrahldruck in oder auf Do-

kumentenkörper sie in der DE 10 2007 052 947 A1 beschrieben.

**[0136]** Optional kann der Drucker einen Dokumenteneinzug 206 beinhalten, welche vorzugsweise dazu ausgebildet ist, eine große Anzahl an Dokumenten in kurzer Zeit einzuziehen und der Druckkopfeinheit 204 zuzuführen. Der Dokumenteneinzug und/oder die Druckkopfeinheit 204 sind vorzugsweise relativ zueinander beweglich, sodass die Druckkopfeinheit das mit dem Muster überlagerte Bild an einer vordefinierten Stelle des Dokumentenkörpers drucken kann. Der Tintenstrahldrucker kann eine Steuerungseinheit 202 umfassen, welche die Ausrichtung der Druckkopfeinheit und des Dokuments relativ zueinander und optional auch die Bereitstellung und Überlagerung des digitalen Bildes und des Musters koordiniert. Die Steuerungseinheit 202 dann zum Beispiel ein Druckprogramm beinhalten, welches Funktionen zum Import und optional zur Bearbeitung von Bildern und/oder Mustern umfasst. Das Programm kann zudem Programmfunktionen zur Erzeugung von kryptografischen Schlüsseln und/oder zur Erzeugung eines Musters, welches einen bestimmten, dem Dokument zugeordneten und gegebenenfalls einmaligen Datenwert codiert, umfassen. Die Druckkopfeinheit 204 umfasst nach einer Ausführungsform einen einzigen Druckkopf, der sequenziell mit den Farben der einzelnen Tanks 218 beschickt wird. Vorzugsweise enthält die Druckkopfeinheit 204 jedoch mehrere Druckköpfe und zwar vorzugsweise einen Druckkopf pro Tank 220-228.

**[0137]** Figur 3 zeigt ein exemplarisches Flussdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überprüfung eines Dokuments mit einem Dokumentenkörper und einem mit dem Dokumentenkörper verbundenen, visuell nicht wahrnehmbaren Sicherheitsmerkmal.

**[0138]** Die Prüfung kann zum Beispiel mithilfe einer Prüfeinheit 800 wie in Figur 8 abgebildet durchgeführt werden. Die Prüfung kann zum Beispiel an einer Landesgrenze, an einem Flughafen, am Tor zu einem Firmengelände, an einem Gebäudeeingang an einen entsprechenden Terminal durchgeführt werden. Es ist auch möglich, eine mobile Version der Prüfeinheit zu verwenden, zum Beispiel zum Zweck der mobilen Personenkontrolle oder zur Prüfung der Echtheit von Wertdokumenten durch ein Kassenterminal.

**[0139]** In einem ersten Schritt 302 empfängt eine Prüfeinheit, zum Beispiel ein mobiles oder mobiles Terminal, ein Dokument mit einem Dokumentenkörper, auf dem oder in dem das besagte Sicherheitsmerkmal enthalten ist. Beispielsweise kann das Terminal einen automatischen Dokumenteneinzug beinhalten oder eine Fläche bzw. einen Träger, auf welchen das Dokument manuell aufgelegt wird.

**[0140]** Bei dem Sicherheitsmerkmal handelt es sich um ein mit einem Muster überlagertes Bild, welches per Tintenstrahldruck in dem oder auf dem Dokument gedruckt wurde wie zum Beispiel im Hinblick auf Figur 1 beschrieben. In dem oder auf dem Dokumentenkörper ist also ein Tintenstrahldruck des Bildes und ein unter

Weißlicht nicht sichtbares Muster enthalten. Ein oder mehrere erste Regionen des Bildes enthalten eine farbstoffbasierte Tinte. Ein oder mehrere zweite Regionen des Bildes sind mit einer pigmentbasierten Tinte gedruckt. Die ein oder mehrere ersten Regionen sind frei von der pigmentbasierten Tinte und die ein oder mehreren zweiten Regionen sind frei sind von der farbstoffbasierten Tinte. Das Sicherheitsmerkmal umfasst also eine Vielzahl von ersten Tintenstrahltröpfchen auf Basis der farbstoffbasierten Tinte und einer Vielzahl zweiten Tintenstrahltröpfchen auf Basis der pigmentbasierten Tinte. Das Absorptionsspektrum der farbstoffbasierten Tinte und das der pigmentbasierten Tinte sind einander so ähnlich, dass diese bei einer Beleuchtung des Tintenstrahldrucks mit Licht im sichtbaren Spektralbereich farblich für das menschliche Auge ununterscheidbar sind und daher das Muster aus den mit der farbstoffbasierten Tinte und den mit der pigmentbasierten Tinte gedruckten Bildregionen unter Weißlicht nicht sichtbar ist.

**[0141]** Die Prüfeinheit beinhaltet eine Bilderfassungseinheit, deren Auflösung hinreichend groß ist, um bei dem gegebenen Abstand zwischen der Bilderfassung Einheit und dem empfangenen Dokument zumindest einen gewissen Anteil der Tintenstrahltröpfchen (zum Beispiel mindestens 20 %, vorzugsweise mindestens 50 %) räumlich voneinander aufzulösen. Beispielsweise kann es sich bei der Bilderfassung Einheit um ein Mikroskop oder eine hochauflösende Kamera handeln.

**[0142]** In Schritt 304 nimmt die Bilder Fassung Einheit ein Prüfbild auf. Das Prüfbild ist ein digitales Bild, das zumindest den Tintenstrahldruck des Dokumentes und optional weitere Regionen des Dokumentes, abbildet. Es ist auch möglich, dass das Prüfbild das gesamte Dokument erfasst. Das Prüfbild ist zum Beispiel ein RGB Bild oder monochromatisches Bild, welches unter Weißlicht aufgenommen wird.

**[0143]** In einem nächsten Schritt 306 führt die Prüfeinheit eine Bildanalyse des Prüfbild durch, um die Echtheit des Dokuments anhand des Tintenstrahldrucker zu prüfen.

**[0144]** Im Zuge der Bildanalyse wird zumindest die Morphologie der im Prüfbild abgebildeten Tintenstrahltröpfchen, aus welchen der Tintenstrahldruck besteht, automatisch in Schritt 308 erfasst. Die Morphologie eines Tintenstrahltröpfchen beschreibt dessen räumliche Erstreckung innerhalb des Prüfbilds, also auf einer zweidimensionalen Ebene, die durch die Länge und Breite des Dokuments bzw. die Länge und Breite des im Prüfbild abgebildeten Dokumenten Teils gebildet wird. Zur Morphologie gehören insbesondere der Querschnitt des Tröpfchens, die Beschaffenheit des Umrisses (klar begrenzt oder diffuser Rand, im Wesentlichen kreisförmig oder stark ausgefranst bzw. sternförmig), Vorhandensein, Stärke und/oder Ausrichtung eines Intensitätsgradienten innerhalb des Tröpfchens und/oder die Helligkeit des Tröpfchens jeweils bei Weißlicht. In manchen Ausführungsformen erfasst die Bilderfassung Einheit mehrere Prüfbilder von verschiedenen z-Ebenen des

Dokuments, zum Beispiel durch Modulation der Fokuseinstellungen der Bilderfassung Einheit. Dies kann insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn das Dokument aus mehreren Materialschichten besteht, der Aufdruck auf eine der innen liegenden Schichten aufgebracht wurde und die Tinte bei oder nach der Kombination diese Materialschichten mit weiteren Materialschichten auch in ein oder mehrere der weiteren Schichten eindrang. Beispielsweise wurde beobachtet, dass beim Verpressen und/oder Verkleben mehrerer Materialschichten farbstoffbasierte Tinte und pigmentbasierte Tinten unterschiedlich tief in angrenzende Materialschichten vordringen und dadurch Tintenstrahltröpfchen von pigmentbasierten Tinten und farbstoffbasierten Tinten unterschiedliche Tröpfchenmorphologien aufweisen. In diesem Fall kann also durch Analyse einer Mehrzahl von Prüfbildern die Topologie der einzelnen Tintenstrahltröpfchen bestimmt werden und es ist möglich, erste Bildregionen, welche selektiv Tröpfchen der farbstoffbasierten Tinte beinhalten vom zweiten Bildregionen, die selektiv Tröpfchen der pigmentbasierten Tinte beinhalten, zu unterscheiden und dadurch ein aus den ersten und zweiten Bildbereichen gebildetes Muster zu erkennen.

**[0145]** Im Schritt 310 der Bildanalyse erfolgt also eine automatische Rekonstruktion eines digitalen grafischen Musters aus dem Prüfbild anhand der erkannten Tröpfchenmorphologien oder aus einer Mehrzahl von Prüfbildern anhand der erkannten Tröpfchenmorphologien in Kombination mit den erkannten Tröpfchentopologien. Das erkannte Muster wird aus ein oder mehreren ersten Bereichen und ein oder mehreren zweiten Bereichen gebildet. Die ersten Bereiche bestehen aus denjenigen Prüfbildregionen, deren Tintenstrahltröpfchen eine erste Morphologie (und optional auch Topologie) aufweisen. Die zweiten Bereiche bestehen aus denjenigen Prüfbildregionen, deren Tintenstrahltröpfchen eine zweite Morphologie (und optional auch Topologie) aufweisen. Die ersten und zweiten Morphologien (bzw. Topologien, falls diese ermittelt wurden) weichen hinreichend voneinander ab, sodass die ersten und zweiten Regionen zuverlässig von dem Bildanalyseprogramm erkannt und unterschieden werden können.

**[0146]** Gemäß Ausführungsformen wird das Erkennen der ersten und zweiten Regionen anhand der Tröpfchenmorphologie bzw. Topologie von einem trainierten Machine-Learning (ML) Programm, insbesondere einem neuronalen Netz oder einer Supportvektormaschine, durchgeführt. Das ML-Programm kann Bestandteil des Bildanalyse Programmes sein. Beispielsweise kann das ML-Programm auf einem Trainingsdatensatz trainiert werden, welcher eine Vielzahl von Bildern mit an notierten ersten und zweiten Bildregionen beinhaltet, wobei die ersten Bildregionen lediglich Tintenstrahltröpfchen der farbstoffbasierten Tinte und die zweiten Bildregionen lediglich die Tintenstrahltröpfchen der pigmentbasierten Tinte beinhalten.

**[0147]** In einem weiteren Schritt 312 des Prüfverfahrens vergleicht die Prüfeinheit das grafische Muster oder

eines daraus abgeleiteten Wertes mit einem Referenzwert. Beispielsweise kann das grafische Muster ein einfaches Schachbrettmuster aus ersten und zweiten Bereichen darstellen, welches als Referenzmuster in einem Speicher der Prüfeinheit gespeichert ist. Ein Vergleich des aus dem rekonstruierten Muster mit dem Referenzmuster ergibt, ob das rekonstruierte Muster identisch oder hinreichend ähnlich ist zudem Referenzmuster. In diesem Fall gilt das durch den Tintenstrahldruck gebildete Sicherheitsmerkmal und auch das Dokument, welches dieses beinhaltet, als valide. Es ist auch möglich, dass das rekonstruierte Muster nicht direkt mit einem Referenzmuster verglichen wird, sondern als ein Code interpretiert und verarbeitet wird. Beispielsweise kann das Muster als Barcode oder Matrixcode, insbesondere als QR-Code, interpretiert werden. In diesem Fall erfolgt ein Decodierschritt, in welchen ein bestimmter Wert aus dem Code rekonstruiert wird. Bei diesem Wert kann es sich zum Beispiel um eine Dokument-individuelle oder Personen-individuelle Zahl handeln, zum Beispiel um eine Dokumenten-ID, eine Kreditkartennummer, eine Ausweisnummer, oder eine Kombination aus ein oder mehreren dokumentbezogenen oder personenbezogenen Daten wie zum Beispiel Personennamen, Geburtstag und Geburtsort. Der mithilfe des Decodierverfahrens erhaltene, "abgeleitete" Wert wird mit einem in der Prüfeinheit bzw. einen der Prüfeinheit zugänglichen Datenspeicher hinterlegten Referenzwert verglichen und bei Identität oder hinreichender Ähnlichkeit wird die Validität des Sicherheitsmerkmals festgestellt.

**[0148]** Optional kann die Prüfung auch eine Prüfung weiterer im Stand der Technik bekannter Sicherheitsmerkmale umfassen, wobei das Dokument nur dann als echt bzw. valide erkannt wird, wenn auch diese weiteren Sicherheitsmerkmale als valide erkannt werden.

**[0149]** **Figur 4** zeigt eine Illustration von Teilschritten der Erzeugung des Sicherheitsmerkmals aus einem Bild 402 und einem digitalen Muster 404.

**[0150]** Bei dem Bild 402 kann es sich beispielsweise um ein digitales, im sichtbaren Licht erfasstes Portraitbild einer Person handeln, für welche ein neues Dokument ausgestellt und/oder personalisiert werden soll. Das Bild 402 kann zum Beispiel als RGB Bild erfasst und zum Zwecke des Tintenstrahldrucks in ein CMYKK+ umgewandelt werden. Außerdem wird ein digitales Muster 404 bereitgestellt. In manchen Ausführungsformen ist das Muster sehr einfach. Beispielsweise besteht das in **Figur 4** abgebildete Muster aus zwei ersten Bereichen 408.1, 408.2 und zwei zweiten Bereichen 406.1, 406.2. Die ersten Bereiche sind Bereiche, die dazu bestimmt sind, mit der farbstoffbasierten Tinte aber nicht der pigmentbasierten Tinte gedruckt zu werden. Die zweiten Bereiche sind Bereiche, die dazu bestimmt sind, mit der pigmentbasierten Tinte aber nicht mit der farbstoffbasierten Tinte gedruckt zu werden. In anderen Ausführungsformen kann das Muster auch wesentlich komplexer sein und insbesondere ein Barcode oder Matrixcode sein, dessen Komplexität es erlaubt, ein oder mehreren Datenwerte wie

zum Beispiel Personen-IDs, Dokumenten-IDs und andere Werte in codierter Form in dem Muster zu speichern. Vor dem Druck wird das digitale Bild 402 und das Muster 404 überlagert. In dem hier gezeigten Beispiel haben Bild und Muster die gleiche Größe und werden im Maßstab 1 zu 1 überlagert. In anderen Ausführungsformen ist es aber auch möglich, dass die Überlagerung so erfolgt, dass das Muster nur einen Teil des Bildes überlagert, und/oder dass das Muster an dynamisch und in Abhängigkeit vom Bildinhalt ermittelten Positionen mit dem Bild überlagert wird. Schließlich wird das digitale Bild 402 auf dem oder in dem Dokumentenkörper so gedruckt, dass erste Regionen 414.1, 414.2 des Dokumentenkörpers den ersten Bildbereichen 408.1, 408.2 entsprechen und mit der farbstoffbasierten Tinte gedruckt werden und das zweite Regionen 412.1, 412.2 des Dokumentenkörpers den zweiten Bildbereichen 406.1, 406.2 entsprechen und mit der pigmentbasierten Tinte bedruckt werden. Im sichtbaren Licht sind die ersten 414 und zweiten 412 Regionen des so erhaltenen Tintenstrahldruckbildes nicht mit dem bloßen Auge unterscheidbar. Mit einem Mikroskop bzw. einer hochauflösenden Kamera ist es jedoch möglich, die ersten und zweiten Regionen und das von ihnen gebildete Muster anhand der unterschiedlichen Tröpfchenmorphologie bzw. Tröpfchentopologie zu erkennen.

**[0151]** In manchen Ausführungsformen wie der in **Figur 4** gezeigten haben die farbstoffbasierte Tinte und die pigmentbasierte Tinte zusätzlich die Eigenschaft, dass unter einem speziellen Licht, zum Beispiel Infrarotlicht, nur die pigmentbasierte Tinte opak ist und Licht absorbiert wohingegen die farbstoffbasierte Tinte nahezu vollständig transparent und somit unsichtbar ist. In den ersten Regionen 414.1, 414.2, in welchen das Portraitbild mit der farbstoffbasierten Tinte gedruckt ist, ist somit kein Aufdruck erkennbar, sondern es erscheint die Hintergrundfarbe des Kartenkörpers. In den zweiten Regionen 412.1, 412.2, die mit der auch im Infrarotlicht opaken pigmentbasierten Tinte gedruckt wurden, sind die entsprechenden Regionen des Portraitbildes dagegen ähnlich wie im Weißlicht sichtbar. In Ausführungsformen in welchen die farbstoffbasierte Tinte und die pigmentbasierte Tinte unter einem Speziallicht wie zum Beispiel Infrarotlicht oder UV-Licht unterschiedliche Farbwerte bzw. Intensitäten im sichtbaren Wellenlängenbereich bewirken, kann eine Beleuchtung des Dokuments bzw. des Aufdrucks mit diesem Speziallicht durchgeführt werden um zu testen, ob das Muster unter diesen Bedingungen sichtbar ist. Falls kein Muster sichtbar ist, gilt das Dokument als unecht.

**[0152]** **Figur 5** zeigt ein Dokument 500 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Das Dokument beinhaltet einen kantenförmigen Kartenkörper 506 mit mindestens einem Bild 502, welches ein bei sichtbarem Licht nicht erkennbares Sicherheitsmerkmal in Form eines bei sichtbarem Licht nicht erkennbaren Musters aus ersten und zweiten Regionen aus Tintenstrahltröpfchen unterschiedlicher Morphologie bzw. Topologie beinhaltet. Das

Dokument kann optional eine Vielzahl weiterer Sicherheitsmerkmale aufweisen wie zum Beispiel Wasserzeichen, Prägemarken, Hologramme oder Kippbilder, die dazu dienen, eine Fälschung zu erschweren und hier nicht abgebildet sind. Das Bild 502 kann insbesondere ein personalisiertes Bild, zum Beispiel ein Portraitbild der Person, der dieses Dokument zugeordnet ist, sein. Der Dokumentenkörper kann eine bei sichtbarem Licht im wesentlichen transparente Plastikkarte sein wie zum Beispiel in EP 1222620 B1 oder WO 02/45008 82 beschrieben. Der Dokumentenkörper kann jedoch auch opak sein.

**[0153]** Der Dokumentenkörper kann insbesondere aus mehreren Schichten bestehen, wie dies in Figur 7 illustriert wird. Beispielsweise kann das Dokument aus mehreren Schichten von Polymermaterialien wie beispielsweise Polyolefinen, Polyestern und/oder Polycarbonaten bestehen. Insbesondere kann es sich bei dem Dokument um ein Polymerschichtverbund-Dokument handeln, dessen Herstellung in DE10 2008012419 A1 beschrieben ist.

**[0154]** Auf dem oder in dem Dokument ist ein Bild 502 mittels Tintenstrahldruck gedruckt. In dem Bild sind erste Bereiche bzw. Regionen enthalten, die nur mit der farbstoffbasierten Tinte und optional weiteren Tinten, nicht jedoch mit der druckfarbgleichen pigmentbasierten Tinte bedruckt sind, und zweite Bereiche bzw. Regionen, die nur mit der pigmentbasierten Tinte und optional weiteren Tinten, nicht jedoch mit der druckfarbgleichen farbstoffbasierten Tinte bedruckt sind. Die ersten und zweiten Regionen bilden ein für das menschliche Auge unsichtbares Muster. Das Bild kann zum Beispiel einen Flächenanteil von 5-95 % an der Oberfläche des Dokumentes haben.

**[0155]** Optional kann das Dokument weitere Elemente wie zum Beispiel einen Mikrochip 504 und/oder einen Magnetstreifen (nicht gezeigt) beinhalten. Zusätzlich oder alternativ dazu kann das Dokument weitere optisch erfassbaren Daten 508 enthalten, zum Beispiel eine aufgedruckte Dokumenten-ID oder Personen-ID. Die optisch erfassbaren Daten 508 können ebenfalls aufgedruckt sein oder mittels anderer Verfahren, zum Beispiel Lasergravur, aufgebracht sein. Das in dem Bild 502 unsichtbar enthaltene Muster kann zum Beispiel ein QR-Code sein, welche die weiteren optisch erfassbaren Daten 508 in codierter Form beinhaltet.

**[0156]** **Figur 6A** zeigt einen Ausschnitt 600 des Gesichts der in Bild 502 abgebildeten Person unter Weißlicht bei 20-facher Vergrößerung. Obwohl das rechte Auge mit der farbstoffbasierten Tinte 216 und das linke Auge mit der pigmentbasierten Tinte 214 gedruckt sind, ist bei dieser Auflösung unter Weißlicht kein Farb- bzw. Intensitätsunterschied und damit kein Muster aus ersten und zweiten Bildbereichen erkennbar.

**[0157]** **Figur 6B** zeigt einen Unterausschnitt 602 des Bildes 502 mit dem mit der farbstoffbasierten Tinte gedruckten rechten Auge der Person in 100-facher Vergrößerung. Es ist erkennbar, dass die Tröpfchenränder

unscharf sind. Es ist für die Bilderfassungseinheit nicht möglich, eine Ebene zu finden, in welcher die Tröpfchen scharf fokussiert werden.

**[0158]** **Figur 6C** zeigt einen Unterausschnitt 604 des Bildes 502 mit dem mit der pigmentbasierten Tinte gedruckten linken Auge der Person in 100-facher Vergrößerung. Man erkennt die im Vergleich zu den Rändern der in Figur 6B gezeigten Tröpfchen scharfen, dunklen Ränder der pigmentbasierten Tintentröpfchen, die es der Bilderfassungseinheit ermöglichen, zumindest eine Ebene zu finden, in welcher eine scharfe Fokussierung der auf die Tröpfchen möglich ist. Gemäß Ausführungsformen umfasst das Dokumentenprüfverfahren eine Modifikation des Zoomens der Bilderfassungseinheit so, dass in mehreren Ebenen entlang der z-Dimension des Dokuments ein Scharfstellen des Fokus versucht wird. Dabei kann festgestellt werden, ob es möglich ist, mindestens eine Ebene pro Tröpfchen zu finden, in welcher dessen Ränder scharf erscheinen. Die unterschiedliche Fokussierbarkeit bzw. Randschärfe der Tröpfchen erlaubt es einer Prüfeinheit, Bereiche zu erkennen, die nur Tröpfchen der pigmentbasierten Tinte bzw. nur Tröpfchen der farbstoffbasierten Tinte beinhalten.

**[0159]** **Figur 6D** zeigt einen Unterausschnitt 606 des Bildes 502 mit dem mit der farbstoffbasierten Tinte gedruckten rechten Auge der Person in 200-facher Vergrößerung. Auch bei dieser Vergrößerung ist die Morphologie der Tropfen von einem unscharfen Umriss gekennzeichnet, die Farbintensität bzw. Helligkeit der Tröpfchen ist innerhalb der jeweiligen Tröpfchen weitgehend homogen verteilt.

**[0160]** **Figur 6E** zeigt einen Unterausschnitt 608 des Bildes 502 mit dem mit der pigmentbasierten Tinte gedruckten linken Auge der Person in 200-facher Vergrößerung. Auch bei dieser Vergrößerung ist die Morphologie der Tropfen von einem scharfen Umriss gekennzeichnet, die Farbintensität bzw. Helligkeit der Tröpfchen ist innerhalb der jeweiligen Tröpfchen oftmals inhomogen verteilt, insbesondere sind die Tröpfchenränder dunkler als die Innenbereiche der Tröpfchen.

**[0161]** **Figur 7** eine dreidimensionale Illustration unterschiedlicher Tröpfchenmorphologien und Topologien in einem mehrschichtigen Dokumentenkörper eines Dokuments 700. das Dokument umfasst mehrere Materialschichten 702-714 aus einem Polymermaterial, insbesondere Polycarbonat. Das Dokument hat eine Länge (Dimension x), eine Breite (Dimension y) und eine Höhe (Dimension z). Die mehreren Schichten werden entlang der Dimension z übereinander gestapelt, bevor sie zu einem Schichtverbund verarbeitet werden.

**[0162]** Im Zuge der Herstellung des Dokuments wird das Bild mit dem nicht sichtbaren Sicherheitsmerkmal auf eine der Schichten, hier Schicht 708, per Tintenstrahldruck gedruckt, wie dies hier für Ausführungsformen der Erfindung bereits beschrieben wurde. Vorzugsweise erfolgt der Druck auf eine der Materialsichten, die später im Inneren des fertigen Dokuments liegen. Unmittelbar nach dem Aufdrucken auf die Schicht 708 verlaufen die

einzelnen Tintenstrahltröpfchen 716, 718, 720, 722 auf der Oberfläche der Materialschicht 708, die durch die Dimensionen X und Y definiert wird. Die Tröpfchen 716, 718 bestehen aus der pigmentbasierten Tinte 214, z.B. einer Tinte mit Carbon Black und die Tröpfchen 720, 722 bestehen aus der farbstoffbasierten Tinte 216, z.B. einer Tinte mit Solvent Black 27. Der zweidimensionale Verlauf der Tröpfchen auf diese Oberfläche wird als Morphologie der Tröpfchen bezeichnet. Der Anmelder hat festgestellt, dass die Morphologie der Tröpfchen entscheidend davon abhängt, ob das Tröpfchen aus einer pigmentbasierte Tinte 214 oder einer farbstoffbasierte Tinte 216 besteht. So sind etwa die Ränder von pigmentbasierten Tinten-tröpfchen scharf fokussiert und oftmals dunkler als das Innere der Tröpfchen, wohingegen die Ränder von farbstoffbasierten Tinten-tröpfchen verschwommen und unscharf sind und in der Regel die gleiche Helligkeit aufweisen wie das Innere der Tröpfchen, teilweise erscheinen die Ränder auch heller als das Tröpfchenzentrum. Zudem wurde festgestellt, dass auch die Eindringtiefe der Farbe über mehrere Schichten hinweg bei der pigmentbasierten Tinte und farbstoffbasierten Tinte unterschiedlich ist. Die Eindringtiefe der farbstoffbasierten Tinte ist größer und damit auch die Erstreckung der Tröpfchen 722, 720 entlang der z-Achse, hier repräsentiert durch das größere L2 gegenüber dem kleineren L1. Auch in der z-Dimension sind die Ränder der Tröpfchen unscharf. Nach Ausführungsformen werden mehrere Prüfbilder entlang der Z-Ebene von der Bilderfassungseinheit erfasst, vorzugsweise so, dass pro Ebene 702-714 mindestens ein Prüfbild erfasst wird. Beispielsweise kann der Fokus der Bilderfassungseinheit so verändert werden, dass verschiedene Ebenen des Dokuments "durchfahren" werden, wobei hierbei die Prüfbilder erfasst werden.

**[0163]** Das aus mehreren Schichten bestehende Dokument wird gemäß einer Ausführungsform dadurch hergestellt, dass zwei oder mehr Polymerschichten bereitgestellt werden und mindestens eine Oberfläche auf mindestens einer 708 dieser Polymerschichten mit der farbstoffbasierten Tinte und der pigmentbasierten Tinte so bedruckt wird, dass ein Bild 502 entsteht, in welchem die ersten und zweiten Bereiche des Bildes, die entweder mit der farbstoffbasierten oder mit der pigmentbasierten Tinte gedruckt wurden, ein unsichtbares Muster bilden, wie dies z.B. mit Bezug auf Figuren 4 und 5 beschrieben wurde. Das Bild kann zum Beispiel einen Flächenanteil von 5-95 % an der Oberfläche des Dokumentes haben. Nach dem Druckschritt werden die mehreren Schichten Polymermaterial aufeinander gestapelt und stoffschlüssig verbunden, zum Beispiel mittels Druck- und/oder Klebverfahren. Die bedruckte Polymerschichtoberfläche kann dabei die Oberseite oder Unterseite des Schichtverbundes bilden. Vorzugsweise ist die bedruckte Polymerschicht Oberfläche nach unten und/oder oben hin umgeben von zumindest einer weiteren Polymerschicht 706, 710, sodass die bedruckte Oberfläche sich im Inneren des Schichtverbunds befindet. Je nach Art des ver-

wendeten Materials in den angrenzenden Schichten kann es sein, dass die Eindringtiefe der Tröpfchen 716, 718, 720, 722 in die angrenzenden Schichten unterschiedlich ist.

**[0164]** Grundsätzlich sind als Werkstoffe für die Polymerschichten alle im Bereich der Sicherheits- und/oder Wertdokumente üblichen Werkstoffe einsetzbar. Die Schichten 702-714 sind vorzugsweise 50 µm bis 300 µm dick. Die Polymerschichten können, gleich oder verschieden, auf Basis eines Polymerwerkstoffes aus der Gruppe, umfassend PC (Polycarbonat, insbesondere Eiphenol A Polycarbonat), PET (Polyethylenglykoltetraphthalat), PMMA (Polymethylmethacrylat), TPU (Thermoplastische Polyurethan Elastomere), PE (Polyethylen), PP (Polypropylen), PI (Polyimid oder Poly-trans-Isopren), PVC (Polyvinylchlorid) und Copolymeren solcher Polymere, gebildet sein. Des Weiteren können koextrudierte Folien dieser Materialien eingesetzt werden. Bevorzugt ist der Einsatz von PC-Werkstoffen, wobei beispielsweise, aber keinesfalls notwendigerweise, auch sogenannte Nieder-Tg-Werkstoffe auf Polycarbonat-Basis einsetzbar sind, insbesondere für eine Polymerschicht, auf welcher eine Druckschicht aufgebracht ist, und/oder für eine Polymerschicht, welche mit einer Polymerschicht, die eine Druckschicht trägt, verbunden ist, und zwar auf der Seite mit der Druckschicht. Nieder-Tg-Werkstoffe sind Polymere, deren Glasstemperatur unterhalb von 140°C liegt. Weitere Ausführungsformen bezüglich eines mehrschichtigen Dokuments, dessen Bedruckung und wie die einzelnen Schichten miteinander zu einem einzigen formschlüssigen Dokument verbunden werden können ist in den Patentanmeldungen DE102007052947 A1 und DE 102008012419A1 beschrieben.

**[0165]** Der Aufdruck des Bildes 502 auf den mehrschichtigen Dokumentenkörper kann in manchen Ausführungsformen auch so erfolgen, dass verschiedene Teile des Bildes in verschiedenen Schichten gedruckt werden. Es ist möglich, dass die ersten Bildbereiche mit der farbstoffbasierten Tinte durchgehend auf anderen Materialschichten gedruckt werden als die zweiten Bildbereiche mit der pigmentbasierten Tinte. In anderen Ausführungsformen erfolgt die Verteilung des Drucks auf verschiedene Schichten jedoch unabhängig von der verwendeten Tinte, sodass jede Schicht sowohl mit der pigmentbasierten Tinte als auch mit der farbstoffbasierten Tinte bedruckt wird, wenn auch auf unterschiedlichen Teilbereichen der jeweiligen Schicht. Mit jeder der Schichten kann ein Teil eines Bildes 502 mit einem darin eingebetteten, visuell nicht wahrnehmbaren Sicherheitsmerkmal bzw. einem Teil davon verbunden sein. Erst in der Verbindung sind alle Teile des Bildes und des darin eingebetteten Sicherheitsmerkmals so zusammen angeordnet, dass ein Betrachter das Bild erkennen kann.

**[0166]** **Figur 8** zeigt ein Blockdiagramm einer Prüfeinheit 800, die dazu ausgebildet ist, dass in einem aufgedruckten Bild unsichtbar versteckte Sicherheitsmerkmal bei Weißlicht und auch in Abwesenheit einer Spezial-

lichtquelle (zum Beispiel Infrarotlicht, UV-Licht) zu prüfen. Die Prüfeinheit kann als mobile Prüfeinheit oder als im mobiles Terminal ausgebildet sein. Sie beinhaltet eine Öffnung 808 zur Aufnahme eines Wert- oder Sicherheitsdokuments 500, 700. Die Öffnung kann beispielsweise lediglich aus einem Behältnis oder eine Ablagevorrichtung für das Dokument bestehen, sodass der Nutzer das Dokument manuell in oder auf dieses Behältnis bzw. die Ablage positionieren muss. Zusätzlich oder alternativ dazu kann die Öffnung 808 einen automatischen Dokumenteneinzug beinhalten, welcher das Dokument empfängt und an einer vordefinierten Stelle innerhalb der Prüfeinheit positioniert.

**[0167]** Die Prüfeinheit umfasst ferner eine Bilderfassungseinheit 802, zum Beispiel ein Mikroskop oder eine hochauflösende Kamera. Die Auflösung der Bilderfassungseinheit muss mindestens so hoch sein, dass eine Mindestmenge der Tintenstrahltröpfchen (zum Beispiel mindestens 20 %) auf einem Aufdruck 502 des richtig positionierten Dokuments räumlich voneinander auflösbar sind. Die Bilderfassungseinheit ist dazu ausgebildet, ein oder mehrere Prüfbilder zu erfassen. Beispielsweise verfügt die Bilderfassungseinheit über einen automatischen und/oder manuell betreibbaren Fokus. Der Fokus wird schrittweise oder kontinuierlich so verändert, dass zumindest einige der Tintenstrahltröpfchen (nämlich die, die mit pigmentbasierter Tinte gedruckt wurden) scharf erscheinen. In zumindest dieser Ebene und optional in weiteren Ebenen in Z-Richtung wird die ein digitales Bild, das sogenannte Prüfbild, erfasst. Das Prüfbild bildet zumindest das aufgedruckte Bild 502 und optional weitere Bereiche des Dokumentenkörpers ab. Bei den erfassten Bild kann es sich zum Beispiel um ein monochromes Bild oder um ein RGB Bild handeln. Vorzugsweise handelt es sich um die gleiche Art von Bild, aus welchem auch ein Trainingsdatensatz an Bildern bestand, auf dessen Basis eine Bildanalysesoftware 806 trainiert wurde. Es ist aber auch möglich, dass ein erfasstes monochromes Bild oder RGB Bild nachträglich in ein solches Bildformat umgewandelt wird. Die Prüfbilder werden unter Weißlicht erfasst. Das bedeutet, dass zum Zeitpunkt der Bilderfassung dass in der Prüfeinheit befindliche Dokument entweder durch die Öffnung 808 mit Umgebung-Weißlicht beleuchtet wird und/oder dass das Dokument mithilfe einer Weißlichtquelle, die sich innerhalb oder in der Nähe der Prüfeinheit befindet, beleuchtet wird.

**[0168]** Außerdem umfasst die Prüfeinheit eine Bildanalyseeinheit 804 mit ein oder mehreren Prozessoren 805 und einer Bildanalysesoftware 806. Bei der Bildanalysesoftware kann es sich zum Beispiel um ein trainiertes neuronales Netz handeln. Die Bildanalysesoftware ist dazu konfiguriert, die hochaufgelösten Prüfbilder von der Bilderfassungseinheit zu empfangen oder diese von einem Speicher zu lesen, in welchen die Prüfbilder von der Bilderfassungseinheit gespeichert wurden. Zu analysieren, um die Position sowie die Morphologie und/oder Topologie der Tintenstrahltröpfchen, aus welchen der Aufdruck 502 besteht, zu ermitteln. Außerdem ist die Bild-

analysesoftware dazu ausgebildet, anhand der Tröpfchenmorphologie und/oder Topologie erste Bildregionen 414.1, 414.2 zu erkennen, die Tröpfchen aus farbstoffbasierter Tinte beinhalten und die frei sind von Tröpfchen aus pigmentbasierter Tinte, sowie zweite Bildregionen 412.1, 412.2 zu erkennen, die Tröpfchen aus pigmentbasierter Tinte beinhalten und die frei sind von Tröpfchen aus farbstoffbasierter Tinte. Die Bildanalysesoftware ist also dazu konfiguriert, ein Muster aus ersten und zweiten Regionen anhand der Tröpfchenmorphologie und/oder Topologie zu erkennen. Die Prüfeinheit 800 vergleicht das erkannte Muster mit einem Referenzwert. Falls der Vergleich ergibt, dass das Muster identisch oder hinreichend ähnlich ist zu dem Referenzwert stellt die Prüfeinheit als Ergebnis der Prüfung fest, dass das Sicherheitsmerkmal valide ist und dass das Dokument, sofern nicht andere Sicherheitsmerkmale des Dokumentes invalide sein sollten, als valide (und damit echt) anzusehen ist. Die Prüfung kann auch komplexer sein, zum Beispiel wenn das Muster ein zweidimensionaler Code ist. In diesem Fall verwendet die Prüfeinheit ein Dekodierverfahren auf das erkannte Muster an, um den in dem Muster codierten Wert zu erhalten und diesen mit einem entsprechenden Referenzwert, der in einem der Prüfeinheit zugänglichen Speicher hinterlegt ist, zu vergleichen. Bei Identität oder hinreichender Ähnlichkeit mit dem Referenzwert wird eine Validität des Sicherheitsmerkmals bzw. des Dokumentes festgestellt.

**[0169]** Optional kann die Prüfeinheit eine Anzeige 810, zum Beispiel ein LED Display beinhalten. Über die Anzeige 810 kann das Ergebnis der Prüfung einen Nutzer angezeigt werden. Optional kann die Bildanalysesoftware auch das erkannte Muster in Form einer graphischen Repräsentation, zum Beispiel eines Überlagerungsbildes, für einen menschlichen Nutzer sichtbar machen und über die Anzeige 810 ausgeben.

**[0170]** Nach einer Ausführungsform ist in einem Datenspeicher des Dokuments 500, 700 ein öffentlicher kryptographische Schlüssel gespeichert. Der öffentliche Schlüssel bildet mit einem privaten kryptographischen Schlüssel ein asymmetrisches kryptographisches Schlüsselpaar. Der private Schlüssel ist einer bestimmten Organisation, zum Beispiel dem Herausgeber des Dokuments, einer Firma oder einer Behörde, insbesondere einer staatlichen Aufsichtsbehörde, zugeordnet. Der private Schlüssel wird in einem zentralen Datenspeicher gespeichert, auf welchen die Prüfeinheit Zugriff hat. Der öffentliche Schlüssel kann in Kopie auf mehreren Dokumenten des gleichen Herausgebers gespeichert sein und zur Verschlüsselung eines geheimen Wertes verwendet werden. Beispielsweise kann das Muster einen grafischen Code, zum Beispiel einen QR-Code beinhalten, wobei in dem QR-Code ein geheimer Datenwert in verschlüsselter Form codiert ist. Bei dem geheimen Wert kann es sich um personenbezogene Daten oder kryptographische Schlüssel handeln. Die Prüfeinheit ist dazu ausgebildet, den QR-Code zu dekodieren und dadurch den geheimen Wert in verschlüsselter Form zu er-

halten. Die Prüfeinheit verwendet nun den privaten Schlüssel, um den verschlüsselten geheimen Wert zu entschlüsseln. Der entschlüsselte geheime Wert kann wiederum von der Prüfeinheit auf verschiedene Weise geprüft und weiterverarbeitet werden. Beispielsweise kann der Wert mit einem Referenzwert verglichen werden.

**[0171]** Alternativ kann der decodierte aber noch verschlüsselte Datenwert von der Prüfeinheit an eine Entschlüsselungsvorrichtung übertragen werden. In diesem Fall hat die Prüfeinheit keinen Zugriff auf den privaten kryptographischen Schlüssel, was die Sicherheit des Schlüssels erhöht. Lediglich die Entschlüsselungsvorrichtung hat Zugriff auf den privaten Schlüssel und nutzt diesen für eine Entschlüsselung der von einer Vielzahl von Prüfeinheiten bereitgestellten, decodierten aber noch verschlüsselten Daten. Die entschlüsselten Daten können sodann von der Entschlüsselungsvorrichtung an die Prüfeinheit zurück übertragen werden. Vorzugsweise geschieht dies über einen geschützten Datenkommunikationskanal, zum Beispiel eine Ende-zu-Ende Verschlüsselung. Beispielsweise kann es sich bei den entschlüsselten Daten um eine Seriennummer oder sonstige Kennung des Dokuments oder des Nutzers, dem das Dokument zugeordnet ist, handeln. Die Seriennummer oder sonstige Kennung ist in der Prüfeinheit in Form eines Referenzwertes hinterlegt und oder kann von der Prüfeinheit über einen anderen Übertragungskanal aus dem Dokument ausgelesen werden. Beispielsweise kann die Seriennummer oder Kennung auf dem Dokumentenkörper aufgedrückt oder eingraviert sein und über eine Kamera von der Prüfeinheit erfasst werden. Durch Vergleich des entschlüsselten Datenwertes mit dem Referenzwert und/oder mit dem über den anderen Übertragungskanal empfangenen Wert kann die Echtheit des Sicherheitsmerkmals von der Prüfeinheit festgestellt werden, wobei Werte Gleichheit oder hinreichende Wertähnlichkeit Echtheit impliziert.

**[0172]** **Figur 9** zeigt ein Blockdiagramm eines Systems 900 mit der Prüfeinheit 800 und mehreren Lichtquellen und Bilderfassungseinheiten. Das System 900 beinhaltet eine Prüfeinheit, wie diese für Ausführungsformen der Erfindung und beispielsweise mit Bezug auf **Figur 8** beschrieben ist, sowie eine Weißlichtquelle 906 und eine Infrarotlichtquelle 904. Beide Lichtquellen sind so positioniert, dass sie ein richtig in der Öffnung bzw. in der Prüfeinheit platziertes Dokument 500 beleuchten oder zumindest ein in oder auf diesem Dokument abgebildetes Bild 502 beleuchten. Die Lichtquellen 904, 906 können als integraler Bestandteil der Prüfeinheit verbaut sein oder an oder neben der Prüfeinheit verbaut oder positioniert sein. Beispielsweise kann die Öffnung 808 groß genug sein, dass durch sie auch Licht von Prüfeinheit-externe Lichtquellen in hinreichender Intensität auf das Dokument trifft.

**[0173]** Die Bilderfassungseinheit 802 umfasst mindestens eine hochauflösende Bilderfassungseinheit 910, die im Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts sensitiv

ist und Bilder aufnehmen kann. Außerdem umfasst die Bilderfassungseinheit eine Infrarotlichtkamera 908, deren Auflösung geringer sein kann als die der Weißlichtkamera 910. Die Infrarotlichtkamera 908 ist zumindest im Wellenlängenbereich des infraroten Lichts sensitiv. In manchen Ausführungsformen ist es auch möglich, dass eine hochauflösende Kamera, die sowohl im Weißlichtbereich als auch im Bereich des infraroten Lichts sensitiv ist und somit in funktionaler Hinsicht einer Kombination aus beiden Bilderfassungseinheiten 908, 910 entspricht.

**[0174]** Die Prüfeinheit kann in mindestens zwei unterschiedlichen Betriebsmodi betrieben werden: im "Weißlichtmodus" wird das in der Prüfeinheit 800 befindliche Dokument 500 mit Weißlicht beleuchtet und die Weißlichtkamera 910 macht ein oder mehrere hochauflösende Prüfbilder unter Weißlichtbestrahlung. Die Prüfbilder können zum Beispiel als RGB Bilder erfasst und als monochrome Bilder gespeichert werden, wobei die Pixelintensitäten des monochromen Kanals sich ergeben als eine Summe oder ein Durchschnittswert der Intensitäten der 3 R, B, G Farbkanäle. Die hochaufgelösten Prüfbilder 912 werden an die Bildanalysesoftware 806 übermittelt und diese erkennt automatisch anhand der Tröpfchenmorphologie und/oder Topologie ein Muster 914 innerhalb des Bildes. Das Muster stellt das für das menschliche Auge unsichtbare Sicherheitsmerkmal dar und wird von der Prüfeinheit wie beschrieben verwendet, um das Muster oder eines aus diesem abgeleiteten Wert mit einem Referenzwert zu vergleichen. Außerdem kann das Muster 914 einen Benutzer auch über die Anzeige 810 als Überlagerungsmuster des Bildes 912 angezeigt werden, sodass der Benutzer erkennen kann, dass hier tatsächlich ein Code erkannt wurde, der zum Beispiel einen bestimmten, erwarteten Typ von Code entspricht (zum Beispiel Barcode oder Matrixcodes).

**[0175]** Außerdem kann die Prüfeinheit in einem "IR-Modus" betrieben werden. Im "IR-Modus" wird das in der Prüfeinheit 800 befindliche Dokument 500 mit Infrarotlicht der Infrarotlichtquelle 904 beleuchtet und die IR-Kamera 908 macht ein oder mehrere IR-Prüfbilder unter Infrarotlichtbestrahlung. Die IR-Prüfbilder können zum Beispiel als monochrome Bilder erfasst und gespeichert werden. Die IR-Prüfbilder können die gleiche oder eine geringere Auflösung haben wie die Weißlichtprüfbilder. Das IR-Prüfbild oder die IR-Prüfbilder können direkt auf der Anzeige 810 einem Nutzer angezeigt werden. Der IR-Modus kann insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn die verwendete pigmentbasierte Tinte 214 und farbstoffbasierte Tinte 216, die unter Weißlicht ein identisches oder ununterscheidbar ähnliches Absorptionsspektrum haben, aber unter IR-Licht ein deutlich unterschiedliches Absorptionsspektrum haben. In diesem Fall ist nämlich das Muster auch ohne Bildanalyse erkennbar einfach dadurch, dass das Dokument einer Infrarot-Lichtquelle 904 ausgesetzt wird. Im IR-Modus wird also das von der IR-Kamera 908 unter IR Licht aufgenommene IR-Prüfbild direkt an die Anzeige 810 weitergeleitet, wo dieses dem

Nutzer angezeigt wird. Auch ohne den Beitrag der Bildanalyse kann der Nutzer das Muster erkennen und dadurch das Sicherheitsmerkmal verifizieren. Optional kann auch im IR-Betriebsmodus ein Dekodierungsschritt erfolgen, um eine in dem Muster kodierte Information zu extrahieren und diese mit einem Referenzwert zu vergleichen.

**[0176]** Zusätzlich zum oder anstatt des Prüfbilds, z.B. einem unter Weißlicht aufgenommenen hochauflösenden RGB Bild, kann die Prüfeinheit also dazu konfiguriert sein, zusätzlich ein IR-Bild aufzunehmen, das als "IR-Prüfbild" bezeichnet wird. Dabei handelt es sich insbesondere um ein digitales monochromes unter IR-Beleuchtung aufgenommenes Bild geringerer Auflösung als das unter Weißlicht aufgenommene Prüfbild. Das IR-Prüfbild entspricht einem Helligkeitsstufenbild und kann auch als Graustufenbild dargestellt werden. Das Prüfverfahren kann außerdem umfassen das Berechnen eines Bildes aus dem als Prüfbild dienenden Farbbild, das dessen Helligkeitsstufenbild entspricht, wenn es mit einer im IR-Spektrum empfindlichen Kamera bei Beleuchtung mit Infrarotlicht aufgenommen worden wäre. Das Berechnen kann unter Verwendung einer Zuordnung erfolgen, die bei der Herstellung des Dokuments bereitgestellt wurde. Die Zuordnung ordnet Farbtöne eines RGB Farbbilds, z.B. des auf das oder in das Dokument gedruckten Bildes, an entsprechenden Positionen liegenden Helligkeitswerten eines unter IR-Licht von dem Tintenstrahl Druck dieses Bildes aufgenommenen Monochrombilds zu. Dabei wird in Ausführungsformen der Erfindung bei dem Berechnen des Helligkeitsstufenbilds nur eine opake Variante der schwarzen Druckfarbe, also der Druckfarbe der pigmentbasierten Tinte, berücksichtigt, da die farbstoffbasierte Tinte bei Beleuchtung mit Infrarotlicht transparent ist. Nachdem das berechnete Bild vorliegt wird es mit dem monochromen IR-Prüfbild verglichen. Der Vergleich umfasst einen Vergleich der Helligkeitsstufen des berechneten Bilds und des Monochrombilds, wobei gleiche Bereiche der Bilder verglichen werden. Eine Anpassung der Bildhelligkeit und/oder des Kontrasts kann für eines oder beide Bilder vor dem Vergleich vorgenommen werden. Das Vergleichen führt zu einem Differenzbild, in dem das in das Bild eingebettete Muster bereits erkennbar sein kann. In einem weiteren Schritt des Verfahrens wird aus dem Differenzbild das Muster rekonstruiert. Dabei können der das Verfahren ausführenden Vorrichtung zugeführte Codierungsparameter verwendet werden, welche bei der Erzeugung des Musters verwendet wurden, bspw. eine Anzahl von nebeneinander angeordneten Regionen, deren räumliche Ausdehnung, eine bei der Codierung verwendeter Fehlerkorrektur, und dergleichen. Die Codierungsparameter können bspw. von einer Datenbank zugeführt werden. Auf dem Dokument kann eine Information vorhanden sein, die der Datenbank zugeführt wird, um die zu dem Dokument passenden Codierungsparameter auszuwählen. Diese Information ist vorzugsweise maschinenlesbar ausgestaltet. Die Codierungsparameter können über

eine gesicherte Datenverbindung an die Prüfeinheit übertragen werden. Das rekonstruierte Muster, z.B. ein graphischer Code, wird anschließend decodiert.

**[0177]** Gemäß Ausführungsformen der Erfindung wurde festgestellt, dass es solche vorteilhaften Kombinationen aus einer farbstoffbasierten Tinte und einer pigmentbasierten Tinte gibt, die zwar unter sichtbarem Licht nicht voneinander unterscheidbar sind, die aber unter Licht anderer Wellenlängen, wie zum Beispiel Infrarot oder UV, optisch deutlich voneinander unterscheidbar sind. Somit kann der IR-Modus als schnellere und wenig rechenintensive Variante des Weißlicht-Modus angesehen werden.

**[0178]** Nach Ausführungsformen der Erfindung ist die Prüfeinheit so konfiguriert, dass diese im Normalfall im IR-Betrieb Modus arbeitet. Es kann aber unter bestimmten Situationen passieren, dass der IR-Betrieb nicht möglich ist, ja sogar kurzfristig und unvorhersehbar ausfällt. Beispielsweise kann die IR-Lichtquelle aufgrund eines technischen Defekts oder aufgrund des Lebensende der Lichtquelle 904 ausfallen. Falls sich die IR-Lichtquelle 904 im Inneren der Prüfeinheit 800 befindet, die Prüfeinheit aber im Freien verwendet wird und starker Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist, kann es sein, dass das durch die Öffnung 904 eindringende Sonnenlicht, dass ein Störlicht darstellt, eine Erfassung von IR-Prüfbildern unter reinem IR-Licht unmöglich macht. In diesem Fall wird auf den Weißlicht Betrieb gewechselt. Dieser ist robust gegenüber eindringendem Sonnenlicht. Nach manchen Ausführungsformen erfolgt der Wechsel zwischen IR-Modus und Weißlicht-Modus manuell. In anderen Ausführungsformen erfolgt der Wechsel automatisch, wenn die Prüfeinheit feststellt, dass die IR-Lichtquelle 904 defekt ist und/oder dass ein Weißlichtanteil im Inneren der Prüfeinheit einen Maximalwert überschreitet. Beispielsweise kann die Prüfeinheit einen Weißlichtsensor haben um automatisch festzustellen, ob der Maximalwert überschritten ist.

**[0179]** Gemäß einer Ausführungsform beinhaltet das System eine Zugangskontrollvorrichtung 902, zum Beispiel eine Schranke oder ein Tor oder ist an die Zugangskontrolle Vorrichtung gekoppelt. Die Zugangskontrollvorrichtung wird automatisch in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Prüfung des Dokuments geöffnet. Beispielsweise wird das Tor zu einem gesicherten Bereich oder Gebäude automatisch und nur dann geöffnet, wenn ein Nutzer sich gegenüber der Prüfeinheit mit einem dem Nutzer zugeordneten ID-Dokument erfolgreich authentifiziert hat, wobei die Authentifizierung eine Prüfung des unsichtbaren Sicherheitsmerkmals beinhaltet wie dies für Ausführungsformen der Erfindung hier beschrieben ist.

**[0180]** Falls das Dokument 500, 700 eine Prüfung im IR-Modus zusätzlich zum Weißlicht-Modus unterstützen soll, können nach Ausführungsformen der Erfindung bereits beim Verfahren zur Herstellung oder Personalisierung des Dokuments einige zusätzliche Schritte durchgeführt werden. Beispielsweise wird zunächst eine Zu-



ordnung bereitgestellt, die eine Beziehung von Farbsignalen einer weißlichtsensitiven RGB-Kamera einerseits und Monochromsignalen einer im IR-Spektrum empfindlichen Kamera andererseits für eine Vielzahl von durch Mischung von für die Herstellung des Dokuments vorgesehenen Farbmitteln erzeugte Farbtöne abbildet. Die Monochromsignale entsprechen dabei Helligkeitsstufen der jeweiligen Farbtöne bei einer Beleuchtung mit IR-Licht. Die Beziehung zwischen den Farbsignalen und den Monochromsignalen kann bspw. als Zuordnungstabelle oder in Form einer oder mehrerer analytischer Beschreibungen erfolgen. Die Beziehung kann z.B. durch Erstellen einer Farbaufnahme einer Farbreferenztafel und einer entsprechenden Aufnahme mit der im IR-Spektrum empfindlichen Kamera bei Beleuchtung mit Licht im IR-Spektrum erfolgen, wobei die Signale der Farbkamera und der im IR-Spektrum empfindlichen Kamera für identische Bildbereiche in den Aufnahmen einander zugeordnet werden.

**[0181]** Schließlich wird das Bild mit dem darin eingebetteten graphischen Muster auf den oder in dem Dokumentenkörper gedruckt.

**[0182]** Das Drucken kann unter Verwendung einer von zwei visuell ununterscheidbaren Tinten-Varianten einer der für die Herstellung des Dokuments vorgesehenen Farbe erfolgen, deren eine Variante, die "pigmentbasierte Tinte", bei Beleuchtung mit Infrarotlicht opak und deren andere Variante, die "farbstoffbasierte Tinte", transparent ist, und für die sich die von der weißlichtsensitiven RGB-Kamera aufgenommenen Farbsignale sich nicht unterscheiden. Die jeweils verwendete Variante der in zwei Varianten vorliegenden Tinten wird beim Einbetten des graphischen Musters in das Bild ausgewählt und einem Tintenstrahldrucker als Druckinformation entsprechend zugeführt.

**[0183]** Die Erstellung der Zuordnung kann im Einzelnen wie folgt geschehen: zunächst wird eine Farbreferenztafel unter Verwendung der für die Herstellung des Dokuments vorgesehenen Tinten und ggf. eines für die Herstellung des Dokuments vorgesehenen Trägermaterials gedruckt. Die Farbreferenztafel beinhaltet eine Vielzahl von Tinten, die eine Vielzahl von Farbtönen abbilden, die in einem oder mehreren mit dem Dokument zu verbindenden Bildern vorkommen, wobei die Vielzahl von Farbtönen sowohl Farbtöne von pigmentbasierten Tinten als auch von farbstoffbasierten Tinten enthalten. Es wird ein Farbbild (also ein RGB Bild unter Weißlicht) von der Farbreferenztafel aufgenommen, und ein Monochrombild mit einer im IR-Spektrum empfindlichen Kamera bei Beleuchtung der Farbreferenztafel mit IR-Licht. Diese Schritte können in beliebiger Reihenfolge erfolgen. Sodann werden die an bestimmten Positionen in der Farbreferenztafel angeordneten Farbtöne des RGB Farbbilds an entsprechenden Positionen liegenden Helligkeitswerten des Monochrombilds zugeordnet. Die Zuordnung kann als Zuordnungstabelle bereitgestellt werden, oder in der Form einer analytischen Beschreibung.

**[0184]** Um nun ein bestimmtes Bild einer Person oder

eines anderen physischen Objekts auf den oder in den Dokumentenkörper zu drucken, wird zunächst ein RGB Farbbild des Objekts oder der Person, die auf dem Dokumentenkörper erscheinen soll, mit einer Farbkamera unter Weißlicht aufgenommen, oder es wird ein schon vorhandenes, unter Weißlicht aufgenommenes RGB Bild bereitgestellt. Von diesem Bild wird ein Farbausdruck gemacht und sodann ein Monochrombild dieses Ausdrucks mit einer im IR-Spektrum empfindlichen Kamera unter Beleuchtung mit IR-Licht aufgenommen. Die Reihenfolge der Aufnahmen ist unerheblich. Aus dem Farbbild wird ein Bild berechnet, das dessen Helligkeitsstufenbild bei Aufnahme durch eine im IR-Spektrum empfindliche Kamera bei Beleuchtung mit Infrarotlicht entspricht, wenn nur eine opake Variante (eine pigmentbasierte Tinte) einer in zwei Varianten (pigmentbasierte Tinte und farbstoffbasierte Tinte) einer im wesentlichen gleichen Farbe im sichtbaren Licht) vorliegenden Tinten verwendet wird, deren andere Variante bei Beleuchtung mit Infrarotlicht transparent ist. Hierzu kann eine Zuordnung bereitgestellt werden, bspw. eine auf beschriebene Art hergestellte Zuordnung. Mit anderen Worten, aus dem Bild der Farbkamera wird unter Verwendung einer Zuordnung ein Bild berechnet, das dessen Helligkeitsstufenbild bei Aufnahme durch eine im IR-Spektrum empfindliche Kamera bei Beleuchtung mit Infrarotlicht entspricht, wenn nur eine opake Variante (pigmentbasierte Tinte) einer in zwei Varianten vorliegenden Druckfarbe verwendet wird, deren andere Variante (farbstoffbasierte Tinte) bei Beleuchtung mit Infrarotlicht transparent ist.

**[0185]** Das berechnete Bild und das unter Beleuchtung mit Infrarotlicht aufgenommene Helligkeitsstufenbild der im IR-Spektrum empfindlichen Kamera werden verglichen und ein Differenzbild errechnet, das das Muster enthält.

**[0186]** Gemäß einer Ausführungsform wird aus dem Differenzbild ein in das von der Farbkamera erfasste Bild eingebettetes Muster rekonstruiert, dessen Inhalt decodiert wird. Dazu können zugeführte Codierungsparameter genutzt werden, die bei der Erzeugung des Musters bzw. des graphischen Codes verwendet wurden.

**[0187]** Bei dem Dokument 500 kann es sich z.B. um einen Personalausweis handeln, der einen der ein Portraitbild der Person, dem er zugewiesen ist, in Form eines farbigen Tintenstrahldrucks 502 enthält. Der farbige Tintenstrahldruck wurde mit CMYK Druck erstellt, wobei die Farbe Schwarz in ersten Regionen des Tintenstrahldrucks mit einer farbstoffbasierten Tinte und in zweiten Regionen des Tintenstrahldrucks mit einer pigmentbasierten Tinte gedruckt wurde. Die ersten und zweiten Regionen lassen sich im sichtbaren Licht mit dem menschlichen Auge nicht unterscheiden, sodass das aus den ersten und zweiten Regionen gebildete Muster ein Sicherheitsmerkmal ist, das für das menschliche Auge im sichtbaren Licht unsichtbar ist.

**[0188]** Das Portraitbild der auf dem Dokument abgebildeten Frau kann z.B. als RGB Bild von einer Kamera erfasst werden. Das Bild ist eine Pixelgraphik, die pro

Pixel Tripel von Werten für die Grundfarben rot, grün und blau (RGB) oder daraus abgeleitete Signale enthält.

**[0189]** Im Druckverfahren gemäß einer Ausführungsform wird eine Vielzahl von Farbtönen für die Darstellung von Farbbildern mit wenigen Druckfarben gedruckt, bspw. durch Bedrucken von sehr kleinen, nah beieinander liegenden Flächen oder Punkten mit den Farben Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz. Diese Druckfarben werden auch mit den Abkürzungen C, M, Y und K bezeichnet. Aus einem Abstand betrachtet, aus dem die mit einer einzelnen Farbe bedruckten Flächen nicht mehr individuell wahrnehmbar sind erscheinen diese Bereiche je nach Flächenverhältnis der Druckfarben in den unterschiedlichsten Farbtönen.

**[0190]** Insbesondere die schwarze Druckfarbe, K, kann in zwei unterschiedlichen Versionen vorliegen, K und K+, die sich visuell nicht unterscheiden, von denen eine Version eine farbstoffbasierte Tinte ist, die in manchen Ausführungsformen für IR-Licht transparent ist und von denen die andere Version eine pigmentbasierte Tinte ist, die in manchen Ausführungsformen unter IR-Licht opak ist. Je nach Farbton weist jeder Bereich eines Farbbildes einen mehr oder weniger großen Anteil an schwarzer Druckfarbe auf. Das Einbetten des Musters in das Bild (also in das Foto) beim Druck erfolgt so, dass in die mit den ersten Bereichen des Musters überlagerten Bildbereiche nur mit der schwarzen farbstoffbasierten Tinte gedruckt werden und die mit den zweiten Bereichen des Musters überlagerten Bildbereiche nur mit der pigmentbasierten schwarzen Tinte. Der Druck der übrigen C, M und Y Tinten ist von der Überlagerung des Bildes mit dem Muster nicht betroffen. Wegen der visuellen Ununterscheidbarkeit der beiden schwarzen Tinten sieht ein menschlicher Betrachter ein normales Farbfoto. Die visuelle Ununterscheidbarkeit betrifft auch eine Aufnahme mit der Farbkamera, d.h., die Signale der Farbkamera für die unterschiedlichen Versionen der Druckfarben sind identisch. Bei Beleuchtung mit IR-Licht und Aufnahme mit einer im IR-Spektrum empfindlichen Kamera wird das Muster 914 sichtbar, wie dies in Figur 9 angedeutet ist. Dabei können insbesondere die mit der IR-Licht absorbierenden Version der schwarzen Druckfarbe gedruckten Elemente des Musters innerhalb eines Elements oder von Element zu Element stark schwankende Absorptionsgrade aufweisen, die vom Bildinhalt des Farbbildes abhängig sind.

**[0191]** Ausführungsformen der Erfindung umfassen beispielsweise die folgenden Merkmale:

1. Verfahren zur Herstellung eines Dokuments (500,700) mit einem Dokumentenkörper (506) und einem mit dem Dokumentenkörper verbundenen, visuell nicht wahrnehmbaren Sicherheitsmerkmal, umfassend:

- Bereitstellung (102) eines Tintenstrahldruckers (200), welcher zumindest einen ersten Tank (228) mit einer farbstoffbasierten Tinte (216)

und einen zweiten Tank (226) mit einer pigmentbasierten Tinte (214) beinhaltet, wobei das Absorptionsspektrum der farbstoffbasierten Tinte und das Absorptionsspektrum der pigmentbasierten Tinte einander so ähnlich sind, dass ein Tintenstrahldruck mit der farbstoffbasierten Tinte und ein Tintenstrahldruck mit der pigmentbasierten Tinte bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich durch das menschliche Auge ununterscheidbar sind;

- Bereitstellen (104) eines digitalen graphischen Musters (404) das gebildet wird aus ein oder mehreren ersten Bereichen (408.1, 408.2) und ein oder mehreren zweiten Bereichen (406.1, 406.2); und
- Bereitstellen eines mit dem Dokument zu verbindenden digitalen Bildes (402);
- Überlagerung (106) des graphischen Musters und des digitalen Bildes;
- Drucken (108) des digitalen Bildes auf den oder in den Dokumentenkörper mit dem Tintenstrahldrucker derart, dass die farbstoffbasierte Tinte aber nicht die pigmentbasierte Tinte zum Druck der mit den ersten Bereichen überlagerten Regionen (414.1, 414.2) des digitalen Bildes verwendet wird und dass die pigmentbasierte Tinte aber nicht die farbstoffbasierte Tinte zum Druck der mit den zweiten Bereichen überlagerten Regionen (412.1, 412.2) des digitalen Bildes verwendet wird, wobei die Verteilung der farbstoffbasierten Tinte und der pigmentbasierten Tinte in dem gedruckten Bild das Sicherheitsmerkmal ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Muster einen Strich- oder Matrixcodes umfasst.

3. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei das digitale Bild ein monochromes digitales Bild ist oder wobei das digitale Bild ein polychromatisches Bild, insbesondere ein RGB Bild oder CMYK Bild ist.

4. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei das Dokumentenkörpermaterial, auf welchen das Bild aufgedruckt ist, eine Hintergrundfarbe hat, wobei die Hintergrundfarbe hell und insbesondere weiß ist, wobei bei einer Beleuchtung mit Licht im infraroten Spektralbereich die farbstoffbasierte Tinte für das menschliche Auge einen transparenten Farbeindruck bewirkt, sodass die ein oder mehreren ersten Bereiche die Hintergrundfarbe haben, und die pigmentbasierte Tinte für das menschliche Auge einen opaken Farbeindruck bewirkt, sodass die ein oder mehreren zweiten Bereiche eine andere Farbe als die Hintergrundfarbe haben.

5. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wo-

bei die Tinten im ersten und zweiten Tank bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich beide:

- einen schwarzen Farbton haben, 5
  - wobei die farbstoffbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: Solvent Black 27, Solvent Black 29; und/oder 10
  - wobei die pigmentbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: Carbon Black, Pigment Black 28; 15
- oder beide einen cyanfarbenen Farbton haben,
  - wobei die farbstoffbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: Solvent Blue 78, Sudanblau; und/oder 20
  - wobei die pigmentbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: Cu-Phthalocyanin; 25
- oder beide einen magenta Farbton haben,
  - wobei die farbstoffbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: rote Azofarbstoffe, z.B. Solvent Red 26, Sudan Rot; und/oder 30
  - wobei die pigmentbasierte Tinte Quinacridon ist; 35
- oder beide einen gelben Farbton haben,
  - wobei die farbstoffbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: gelbe Azofarbstoffe, z.B. Solvent Yellow 124; und/oder 40
  - wobei die pigmentbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: Brilliantgelb, Pigment Gelb 151. 45

6. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei der Tintenstrahldrucker zumindest noch einen dritten Tank mit einer weiteren farbstoffbasierte Tinte und einen vierten Tank mit einer weiteren pigmentbasierte Tinte beinhaltet, wobei das Absorptionsspektrum der weiteren farbstoffbasierten Tinte und das Absorptionsspektrum der weiteren pigmentbasierten Tinte einander so ähnlich sind, dass diese weitere farbstoffbasierte Tinte bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich farblich von der weiteren pigmentbasierten Tinte durch das menschliche Auge ununterscheidbar ist, aber von den Tinten im ersten und zweiten Tank farblich un-

terscheidbar ist, ferner umfassend:

- Bereitstellen eines weiteren digitalen graphischen Musters beinhaltend ein oder mehrere dritte Bereiche und ein oder mehrere vierte Bereiche; und
- Überlagerung des weiteren graphischen Musters und des digitalen Bildes;
- Durchführen des Druckens des digitalen Bildes auf den oder in den Dokumentenkörper derart, dass die farbstoffbasierte Tinte aber nicht die pigmentbasierte Tinte zum Druck der mit den ersten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet wird, dass die pigmentbasierte Tinte aber nicht die farbstoffbasierte Tinte zum Druck der mit den zweiten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet werden, dass die weitere farbstoffbasierte Tinte aber nicht die weitere pigmentbasierte Tinte zum Druck der mit den dritten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet wird, dass die weitere pigmentbasierte Tinte aber nicht die weitere farbstoffbasierte Tinte zum Druck der mit den vierten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet werden, wobei die Verteilung der farbstoffbasierten Tinte, der pigmentbasierten Tinte, der weiteren farbstoffbasierten Tinte und der weiteren pigmentbasierten Tinte in dem gedruckten Bild das Sicherheitsmerkmal ist.

7. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, umfassend:

- Ermitteln einer Fläche innerhalb des Bildes, welches eine Mindesthomogenität und Mindestintensität hinsichtlich des Absorptionsspektrums des Farbtons aufweist, der mit der farbstoffbasierten Tinte oder der pigmentbasierten Tinte gedruckt werden soll;
- Durchführung der Überlagerung derart, dass das graphische Muster vollständig auf diese Fläche abgebildet wird.

8. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei der Dokumentenkörper aus mehreren Materialschichten (702-714) aufgebaut ist, wobei das Drucken des digitalen Bildes in den Dokumentenkörper so erfolgt, dass das digitale Bild auf eine oder mehrere der Materialschichten aufgedruckt wird, und danach die ein oder mehreren bedruckten Schichten, optional zusammen mit weiteren Materialschichten, zu dem Dokumentenkörper untrennbar verbunden werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die farbstoffbasierte Tinte bei dem Verbinden der mehreren Materialschichten weiter und/oder unter Erzeugung ei-

ner anderen Tropfentopologie in das Material einer oder mehrerer der Schichten eindringt als die pigmentbasierte Tinte.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei das graphische Muster Daten (508) in codierter Form enthält, wobei die Daten für das Dokument und/oder dessen Besitzer einzigartig sind.

11. Verfahren nach Anspruch 10, außerdem umfassend:

- Versehen des Dokumentenkörpers mit einem elektronischen Schaltkreis (504), in dem eine weitere Repräsentation der einzigartigen Daten (508) gespeichert sind, und/oder wobei der elektronische Schaltkreis weitere Daten speichert, wobei auf die in dem Schaltkreis gespeicherten Daten nur nach einer erfolgreichen Authentifizierung und/oder Autorisierung zugegriffen werden kann.

12. Dokument (500, 700) hergestellt nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1-11.

13. Dokument (500, 700) mit einem Dokumentenkörper (506),

- wobei sich auf dem oder in dem Dokumentenkörper ein Tintenstrahlaufdruck (502, 600) befindet,
- wobei der Tintenstrahlaufdruck erste Tintenstrahltröpfchen (720, 722) beinhaltet, die eine erste Morphologie haben und aus einer farbstoffbasierten Tinte (216) bestehen;
- wobei der Tintenstrahlaufdruck zweite Tintenstrahltröpfchen (716, 718) beinhaltet, die eine zweite Morphologie haben die sich von der ersten Morphologie unterscheidet und aus einer pigmentbasierten Tinte (214) bestehen;
- wobei das Absorptionsspektrum der farbstoffbasierten Tinte und das Absorptionsspektrum der pigmentbasierten Tinte einander so ähnlich sind, dass die ersten und zweiten Tintenstrahltröpfchen bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich durch das menschliche Auge farblich ununterscheidbar sind;
- wobei der Tintenstrahlaufdruck ein oder mehrere erste Bereiche (414.1, 414.2) beinhaltet, die die ersten Tintenstrahltröpfchen beinhalten und frei sind von den zweiten Tintenstrahltröpfchen;
- wobei der Tintenstrahlaufdruck ein oder mehrere zweite Bereiche (412.1, 412.2) beinhaltet, die die zweiten Tintenstrahltröpfchen beinhalten und frei sind von den ersten Tintenstrahltröpfchen;
- wobei die ersten und zweiten Bereiche ein Mus-

ter (404) bilden, welches bei Betrachtung durch das menschliche Auge bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich nicht erkennbar ist.

14. Dokument (500, 700) nach Anspruch 13,

- wobei die Dicke des Dokuments dessen räumliche Erstreckung in einer Dimension z spezifiziert ist;
- wobei der Dokumentenkörper aus mehreren Materialschichten (702-714) besteht, wobei zumindest einige der Tintenstrahltröpfchen sich über mehrere Materialschichten erstrecken;
- wobei eine Topologie eines Tintenstrahltröpfchens dessen räumliche Erstreckung über ein oder mehrere der Materialebenen in der Dimension z beschreibt; und
- wobei die Topologie der ersten Tintenstrahltröpfchen sich von der Topologie der zweiten Tintenstrahltröpfchen unterscheidet.

15. Verfahren zur Prüfung eines Dokuments, umfassend:

- Empfang (302) eines Dokuments (500, 700) mit einem Dokumentenkörper (506) durch eine Prüfeinheit (800), die eine Bilderfassungseinheit (802) beinhaltet, wobei in oder auf dem Dokumentenkörper ein Tintenstrahldruck eines Bildes (502, 600) enthalten ist, wobei ein oder mehrere erste Regionen (414.1, 414.2) des Bildes mit einer farbstoffbasierten Tinte (216) gedruckt sind, wobei ein oder mehrere zweite Regionen (412.1, 412.2) des Bildes mit einer pigmentbasierten Tinte (214) gedruckt sind, wobei die ein oder mehrere ersten Regionen frei sind von der pigmentbasierten Tinte und wobei die ein oder mehreren zweiten Regionen frei sind von der farbstoffbasierten Tinte, wobei das Absorptionsspektrum der farbstoffbasierten Tinte und der pigmentbasierten Tinte so ähnlich ist, dass diese bei einer Beleuchtung des Tintenstrahldrucks mit Licht im sichtbaren Spektralbereich farblich ununterscheidbar sind;
- Aufnahme (304) eines Prüfbildes durch die Bilderfassungseinheit, wobei das Prüfbild ein digitales Bild ist, das zumindest den Tintenstrahldruck (502) des Dokuments abbildet;
- Durchführung (306) einer Bildanalyse des Prüfbildes durch die Prüfeinheit, wobei die Bildanalyse umfasst:
  - Automatische Erfassung (308) der Morphologie der im Prüfbild abgebildeten Tintenstrahltröpfchen (716, 718, 720, 722), aus welchen der Tintenstrahldruck besteht, wobei die Morphologie eines Tintenstrahltröpf-

- chens dessen räumliche Erstreckung innerhalb des Prüfbildes beschreibt; und
- Automatische Rekonstruktion (310) eines digitalen graphischen Musters (404) aus dem Prüfbild, wobei das Muster ein oder mehrere erste Bereiche (408.1, 408.2, 414.1, 414.2) und ein oder mehrere zweite Bereiche (406.1, 406.2, 412.1, 412.2, beinhaltet, wobei die ersten Bereiche diejenigen Prüfbildregionen sind, deren Tintenstrahltröpfchen eine erste Morphologie aufweisen, wobei die zweiten Bereiche diejenigen Prüfbildregionen sind, deren Tintenstrahltröpfchen eine zweite Morphologie aufweisen, wobei die zweite von der ersten Morphologie abweicht; 5
16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei das digitale graphische Musters ein Strich- oder Matrixcode ist, ferner umfassend: 10
- Decodierung des Strich- oder Matrixcodes durch die Prüfeinheit, um einen decodierten Wert (508) zu erhalten; und
  - Verwendung des decodierten Wert als den aus dem graphischen Muster abgeleiteten Wertes bei dem Vergleich mit dem Referenzwert. 15
17. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche 15-16, wobei die Prüfeinheit zusätzlich eine Infrarotlichtquelle (904) zur Beleuchtung zumindest eines von der Bilderfassungseinheit aufzunehmenden Bereichs des Dokuments beinhaltet, ferner umfassend: 20
- Aktivieren der Infrarotlichtquelle; 25
  - Aufnahme eines IR-Prüfbildes durch eine IR-Bilderfassungseinheit, wobei das IR-Prüfbild ein digitales Bild ist, das zumindest den Tintenstrahlruck des Dokuments abbildet; 30
  - Durchführung einer Bildanalyse des IR-Prüfbilds durch die Prüfeinheit, wobei die Bildanalyse umfasst: 35
- Automatische Erfassung dunkler Bereiche des IR-Prüfbildes, wobei ein dunkler Bereich eine durchschnittliche Intensität unterhalb eines vordefinierten Grenzwertes besitzt; und
  - Automatische Rekonstruktion eines digitalen graphischen Musters aus den dunklen Bereichen, wobei das Muster als "IR-Muster" bezeichnet wird; 40

- Vergleichen des IR-Musters oder eines daraus abgeleiteten Wertes mit einem IR-Muster-Referenzwert zur Prüfung der Echtheit des Dokuments.

#### 18. Prüfeinheit (800) mit:

- einer Öffnung (808) für den Empfang eines Dokuments (500, 700) mit einem Dokumentenkörper (506), der einen gedruckten Bereich beinhaltet;
- einer Bilderfassungseinheit (802) mit hinreichender Auflösung, um mindestens einen Teil der Tintenstrahltröpfchen (716, 718, 27, 722) in dem bedruckten Bereich räumlich auflösen zu können;
- zumindest einem Prozessor (805);
- einem nicht-flüchtigen Speicher mit computerinterpretierbaren Instruktionen (806), die, wenn sie von dem zumindest einen Prozessor ausgeführt werden, bewirken, dass Prüfverfahren gemäß einem der Ansprüche 15-17 durchführt.

#### 19. Ein System (900) umfassend:

- die Prüfeinheit (800) von Anspruch 18; und
- eine IR-Lichtquelle (904); und/oder
- eine im IR-Spektrum empfindliche Bilderfassungseinheit; und/oder
- eine Lichtquelle (906) für Licht im sichtbaren Spektralbereich; und/oder
- einen automatischen Dokumenteneinzug; und/oder
- eine Kontrollvorrichtung (902) zur Kontrolle des Zugriffs auf oder Zutritts zu: geschützte Daten, Softwarefunktionen, Hardwarefunktionen oder räumliche Bereiche, wobei die Kontrollvorrichtung dazu konfiguriert ist, den Zugriff oder Zutritt nur dann zu gewähren, falls das Prüfverfahren ergibt, dass das Dokument valide ist.

#### Bezugszeichenliste

##### [0192]

102-110	Schritte Druckverfahren
200	Tintenstrahldrucker
202	Steuerungseinheit Tintenstrahldrucker
204	Druckkopfeinheit
206	Dokumenteneinzug Drucker
208	Tinte mit der Druckfarbe Cyan
210	Tinte mit der Druckfarbe rot
212	Tinte mit der Druckfarbe gelb
214	Tinte mit der Druckfarbe schwarz: pigmentbasierte Tinte
216	Tinte mit der Druckfarbe schwarz: farbstoffbasierte Tinte
218	Farbtankbehälter

220-228	Farbtanks	
302-312	Schritte Prüfverfahren	
402	digitales RGB Bild	
404	Muster	
406.1, 406.2	zweite Bereiche des Musters	5
408.1, 408.2	erste Bereiche des Musters	
410	gedrucktes Bild mit ersten und zweiten Regionen im IR-Licht	
414.1, 414.2	erste Regionen: mit farbstoffbasierter Tinte gedruckt	10
412.1, 412.2	zweite Regionen: mit pigmentbasierter Tinte gedruckt	
500	Dokument	
502	Aufdruck (im sichtbaren Licht)	
504	Chip	15
506	Dokumentenkörper	
508	kartenindividueller Wert	
600	Ausschnitt des gedruckten Bildes 502	
602	Ausschnitt von Bild 502: Auge rechts, farbstoffbas. Tinte, 100 x	20
604	Ausschnitt von Bild 502: Auge links, pigmentbas. Tinte, 100 x	
606	Ausschnitt von Bild 502: Auge rechts, farbstoffbas. Tinte, 200 x	25
608	Ausschnitt von Bild 502: Auge links, pigmentbas. Tinte, 200 x	
700	Dokument aus mehreren Materialschichten	
702-714	einzelne Materialschichten	
716	Tintenstrahlröpfchen pigmentbasierte Tinte	30
718	Tintenstrahlröpfchen pigmentbasierte Tinte	
720	Tintenstrahlröpfchen farbstoffbasierte Tinte	
722	Tintenstrahlröpfchen farbstoffbasierte Tinte	
800	Prüfeinheit	
802	Bilderfassung Einheit	35
804	Bildanalyseeinheit	
805	Prozessor	
806	Bildanalysesoftware	
808	Öffnung/Dokumenteneinzug	
810	Anzeige/Bildschirm	40
812	angezeigtes Prüfergebnis	
900	System	
902	Schranke/Tor	
904	Infrarot-Lichtquelle	
906	Weißlichtquelle	45
908	infrarotsensitive Kamera	
910	hochauflösende Kamera im sichtbaren Bereich/Mikroskop	
912	Prüfbild	
914	Muster	50

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Dokuments (500,700) mit einem Dokumentenkörper (506) und einem mit dem Dokumentenkörper verbundenen, visuell nicht wahrnehmbaren Sicherheitsmerkmal,

umfassend:

- Bereitstellung (102) eines Tintenstrahldruckers (200), welcher zumindest einen ersten Tank (228) mit einer farbstoffbasierten Tinte (216) und einen zweiten Tank (226) mit einer pigmentbasierten Tinte (214) beinhaltet, wobei das Absorptionsspektrum der farbstoffbasierten Tinte und das Absorptionsspektrum der pigmentbasierten Tinte einander so ähnlich sind, dass ein Tintenstrahldruck mit der farbstoffbasierten Tinte und ein Tintenstrahldruck mit der pigmentbasierten Tinte bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich durch das menschliche Auge ununterscheidbar sind, wobei der Tintenstrahldrucker zumindest noch einen dritten Tank mit einer weiteren farbstoffbasierten Tinte und einen vierten Tank mit einer weiteren pigmentbasierten Tinte beinhaltet, wobei das Absorptionsspektrum der weiteren farbstoffbasierten Tinte und das Absorptionsspektrum der weiteren pigmentbasierten Tinte einander so ähnlich sind, dass diese weitere farbstoffbasierte Tinte bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich farblich von der weiteren pigmentbasierten Tinte durch das menschliche Auge ununterscheidbar ist, aber von den Tinten im ersten und zweiten Tank farblich unterscheidbar ist;

- Bereitstellen (104) eines digitalen graphischen Musters (404) das gebildet wird aus ein oder mehreren ersten Bereichen (408.1, 408.2) und ein oder mehreren zweiten Bereichen (406.1, 406.2); und

- Bereitstellen eines weiteren digitalen graphischen Musters beinhaltend ein oder mehrere dritte Bereiche und ein oder mehrere vierte Bereiche;

- Bereitstellen eines mit dem Dokument zu verbindenden digitalen Bildes (402);

- Überlagerung (106) des graphischen Musters und des digitalen Bildes;

- Überlagerung des weiteren graphischen Musters und des digitalen Bildes;

- Drucken (108) des digitalen Bildes auf den oder in den Dokumentenkörper mit dem Tintenstrahldrucker derart, dass die farbstoffbasierte Tinte aber nicht die pigmentbasierte Tinte zum Druck der mit den ersten Bereichen überlagerten Regionen (414.1, 414.2) des digitalen Bildes verwendet wird und dass die pigmentbasierte Tinte aber nicht die farbstoffbasierte Tinte zum Druck der mit den zweiten Bereichen überlagerten Regionen (412.1, 412.2) des digitalen Bildes verwendet wird, wobei der Druck so durchgeführt wird, dass die weitere farbstoffbasierte Tinte aber nicht die weitere pigmentbasierte Tinte zum Druck der mit den dritten Bereichen über-

- lagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet wird, dass die weitere pigmentbasierte Tinte aber nicht die weitere farbstoffbasierte Tinte zum Druck der mit den vierten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes verwendet wird, wobei die Verteilung der farbstoffbasierten Tinte, der pigmentbasierten Tinte, der weiteren farbstoffbasierten Tinte und der weiteren pigmentbasierten Tinte in dem gedruckten Bild das Sicherheitsmerkmal ist. 5 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Muster einen Strich- oder Matrixcodes umfasst.
3. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei das digitale Bild ein monochromes digitales Bild ist oder wobei das digitale Bild ein polychromatisches Bild, insbesondere ein RGB Bild oder CMYK Bild ist. 15
4. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei das Dokumentenkörpermaterial, auf welchen das Bild aufgedruckt ist, eine Hintergrundfarbe hat, wobei die Hintergrundfarbe hell und insbesondere weiß ist, wobei bei einer Beleuchtung mit Licht im infraroten Spektralbereich die farbstoffbasierte Tinte für das menschliche Auge einen transparenten Farbeindruck bewirkt, sodass die ein oder mehreren ersten Bereiche die Hintergrundfarbe haben, und die pigmentbasierte Tinte für das menschliche Auge einen opaken Farbeindruck bewirkt, sodass die ein oder mehreren zweiten Bereiche eine andere Farbe als die Hintergrundfarbe haben. 20 25 30
5. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei die Tinten im ersten und zweiten Tank bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich beide:
- einen schwarzen Farbton haben,
    - wobei die farbstoffbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: Solvent Black 27, Solvent Black 29; und/oder
    - wobei die pigmentbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: Carbon Black, Pigment Black 28;
  - oder beide einen cyanfarbenen Farbton haben,
    - wobei die farbstoffbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: Solvent Blue 78, Sudanblau; und/oder
    - wobei die pigmentbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: Cu-Phthalocyanin;
- 35 40 45 50 55
- oder beide einen magenta Farbton haben,
    - wobei die farbstoffbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: rote Azofarbstoffe, z.B. Solvent Red 26, Sudan Rot; und/oder
    - wobei die pigmentbasierte Tinte Quinacridon ist;
  - oder beide einen gelben Farbton haben,
    - wobei die farbstoffbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: gelbe Azofarbstoffe, z.B. Solvent Yellow 124; und/oder
    - wobei die pigmentbasierte Tinte vorzugsweise ein oder mehrere der folgenden Substanzen umfasst: Brilliantgelb, Pigment Gelb 151.
6. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, umfassend:
- Ermitteln einer Fläche innerhalb des Bildes, welches eine Mindesthomogenität und Mindestintensität hinsichtlich des Absorptionsspektrums des Farbtons aufweist, der mit der farbstoffbasierten Tinte oder der pigmentbasierten Tinte gedruckt werden soll;
  - Durchführung der Überlagerung derart, dass das graphische Muster vollständig auf diese Fläche abgebildet wird.
7. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei der Dokumentenkörper aus mehreren Materialschichten (702-714) aufgebaut ist, wobei das Drucken des digitalen Bildes in den Dokumentenkörper so erfolgt, dass das digitale Bild auf eine oder mehrere der Materialschichten aufgedruckt wird, und danach die ein oder mehreren bedruckten Schichten, optional zusammen mit weiteren Materialschichten, zu dem Dokumentenkörper untrennbar verbunden werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die farbstoffbasierte Tinte bei dem Verbinden der mehreren Materialschichten weiter und/oder unter Erzeugung einer anderen Tropfentopologie in das Material einer oder mehrerer der Schichten eindringt als die pigmentbasierte Tinte.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei das graphische Muster Daten (508) in codierter Form enthält, wobei die Daten für das Dokument und/oder dessen Besitzer einzigartig sind.
10. Verfahren nach Anspruch 9, außerdem umfassend:

- Versehen des Dokumentenkörpers mit einem elektronischen Schaltkreis (504), in dem eine weitere Repräsentation der einzigartigen Daten (508) gespeichert sind, und/oder wobei der elektronische Schaltkreis weitere Daten speichert, wobei auf die in dem Schaltkreis gespeicherten Daten nur nach einer erfolgreichen Authentifizierung und/oder Autorisierung zugegriffen werden kann.

**11. Dokument (500, 700) mit einem Dokumentenkörper (506),**

- wobei sich auf dem oder in dem Dokumentenkörper ein Tintenstrahlaufdruck (502, 600) befindet,

- wobei der Tintenstrahlaufdruck erste Tintenstrahltröpfchen (720, 722) beinhaltet, die eine erste Morphologie haben und aus einer farbstoffbasierten Tinte (216) bestehen;

- wobei der Tintenstrahlaufdruck zweite Tintenstrahltröpfchen (716, 718) beinhaltet, die eine zweite Morphologie haben die sich von der ersten Morphologie unterscheidet und aus einer pigmentbasierten Tinte (214) bestehen;

- wobei das Absorptionsspektrum der farbstoffbasierten Tinte und das Absorptionsspektrum der pigmentbasierten Tinte einander so ähnlich sind, dass die ersten und zweiten Tintenstrahltröpfchen bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich durch das menschliche Auge farblich ununterscheidbar sind;

- wobei der Tintenstrahlaufdruck ein oder mehrere erste Bereiche (414.1, 414.2) beinhaltet, die die ersten Tintenstrahltröpfchen beinhalten und frei sind von den zweiten Tintenstrahltröpfchen;

- wobei der Tintenstrahlaufdruck ein oder mehrere zweite Bereiche (412.1, 412.2) beinhaltet, die die zweiten Tintenstrahltröpfchen beinhalten und frei sind von den ersten Tintenstrahltröpfchen;

- wobei die ersten und zweiten Bereiche ein Muster (404) bilden, welches bei Betrachtung durch das menschliche Auge bei einer Beleuchtung mit Licht im sichtbaren Spektralbereich nicht erkennbar ist;

- wobei das Muster mit einem digitalen Bild (402) überlagert ist;

- wobei das digitale Bild mit einem weiteren graphischen Muster überlagert ist,

- wobei das weitere graphischen Musters ein oder mehrere dritte Bereiche und ein oder mehrere vierte Bereiche beinhaltet, wobei zum Druck der mit den dritten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes eine weitere farbstoffbasierte Tinte aber nicht eine weitere pigmentbasierte Tinte verwendet wurde, wobei

zum Druck der mit den vierten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes die weitere pigmentbasierte Tinte aber nicht die weitere farbstoffbasierte Tinte verwendet wurde, wobei die Verteilung der farbstoffbasierten Tinte, der pigmentbasierten Tinte, der weiteren farbstoffbasierten Tinte und der weiteren pigmentbasierten Tinte in dem gedruckten Bild das Sicherheitsmerkmal ist.

**12. Verfahren zur Prüfung eines Dokuments, umfassend:**

- Empfang (302) eines Dokuments (500, 700) mit einem Dokumentenkörper (506) durch eine Prüfeinheit (800), die eine Bilderfassungseinheit (802) beinhaltet, wobei in oder auf dem Dokumentenkörper ein Tintenstrahldruck eines Bildes (502, 600) enthalten ist, wobei ein oder mehrere erste Regionen (414.1, 414.2) des Bildes mit einer farbstoffbasierten Tinte (216) gedruckt sind, wobei ein oder mehrere zweite Regionen (412.1, 412.2) des Bildes mit einer pigmentbasierten Tinte (214) gedruckt sind, wobei die ein oder mehreren ersten Regionen frei sind von der pigmentbasierten Tinte und wobei die ein oder mehreren zweiten Regionen frei sind von der farbstoffbasierten Tinte, wobei das Absorptionsspektrum der farbstoffbasierten Tinte und der pigmentbasierten Tinte so ähnlich ist, dass diese bei einer Beleuchtung des Tintenstrahldrucks mit Licht im sichtbaren Spektralbereich farblich ununterscheidbar sind, wobei das digitale Bild mit einem weiteren graphischen Muster überlagert ist, wobei das weitere graphischen Musters ein oder mehrere dritte Bereiche und ein oder mehrere vierte Bereiche beinhaltet, wobei zum Druck der mit den dritten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes eine weitere farbstoffbasierte Tinte aber nicht eine weitere pigmentbasierte Tinte verwendet wurde, wobei zum Druck der mit den vierten Bereichen überlagerten Regionen des digitalen Bildes die weitere pigmentbasierte Tinte aber nicht die weitere farbstoffbasierte Tinte verwendet wurde, wobei die Verteilung der farbstoffbasierten Tinte, der pigmentbasierten Tinte, der weiteren farbstoffbasierten Tinte und der weiteren pigmentbasierten Tinte in dem gedruckten Bild das Sicherheitsmerkmal ist;

- Aufnahme (304) eines Prüfbildes durch die Bilderfassungseinheit, wobei das Prüfbild ein digitales Bild ist, das zumindest den Tintenstrahldruck (502) des Dokuments abbildet;

- Durchführung (306) einer Bildanalyse des Prüfbildes durch die Prüfeinheit, wobei die Bildanalyse umfasst:



- Automatische Erfassung (308) der Morphologie der im Prüfbild abgebildeten Tintenstrahltröpfchen (716, 718, 720, 722), aus welchen der Tintenstrahldruck besteht, wobei die Morphologie eines Tintenstrahltröpfchens dessen räumliche Erstreckung innerhalb des Prüfbildes beschreibt; und
  - Automatische Rekonstruktion (310) eines digitalen graphischen Musters (404) und eines weiteren graphischen Musters aus dem Prüfbild, wobei das Muster ein oder mehrere erste Bereiche (408.1, 408.2, 414.1, 414.2) und ein oder mehrere zweite Bereiche (406.1, 406.2, 412.1, 412.2, beinhaltet, wobei die ersten Bereiche diejenigen Prüfbildregionen sind, deren Tintenstrahltröpfchen eine erste Morphologie aufweisen, wobei die zweiten Bereiche diejenigen Prüfbildregionen sind, deren Tintenstrahltröpfchen eine zweite Morphologie aufweisen, wobei die zweite von der ersten Morphologie abweicht, wobei das weitere Muster ein oder mehrere dritte Bereiche und ein oder mehrere vierte Bereiche beinhaltet, wobei die dritten Bereiche diejenigen Prüfbildregionen sind, die mit der weiteren farbstoffbasierten Tinte gedruckt wurden, wobei die vierten Bereiche diejenigen Prüfbildregionen sind, die mit der weiteren pigmentbasierten Tinte gedruckt wurden;
  - Vergleichen (312) des rekonstruierten graphischen Musters und des rekonstruierten weiteren graphischen Musters oder von aus diesen abgeleiteten Werten mit Referenzwerten zur Prüfung der Echtheit des Dokuments.
- 13.** Verfahren nach Anspruch 12, wobei das digitale graphische Musters ein Strich- oder Matrixcode ist, ferner umfassend:
- Decodierung des Strich- oder Matrixcodes durch die Prüfeinheit, um einen decodierten Wert (508) zu erhalten; und
  - Verwendung des decodierten Wert als den aus dem graphischen Muster abgeleiteten Wertes bei dem Vergleich mit dem Referenzwert.
- 14.** Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche 12-13, wobei die Prüfeinheit zusätzlich eine Infrarotlichtquelle (904) zur Beleuchtung zumindest eines von der Bilderfassungseinheit aufzunehmenden Bereichs des Dokuments beinhaltet, ferner umfassend:
- Aktivieren der Infrarotlichtquelle;
  - Aufnahme eines IR-Prüfbildes durch eine IR-Bilderfassungseinheit, wobei das IR-Prüfbild ein digitales Bild ist, das zumindest den Tinten-
- strahldruck des Dokuments abbildet;
- Durchführung einer Bildanalyse des IR-Prüfbilds durch die Prüfeinheit, wobei die Bildanalyse umfasst:
- Automatische Erfassung dunkler Bereiche des IR-Prüfbildes, wobei ein dunkler Bereich eine durchschnittliche Intensität unterhalb eines vordefinierten Grenzwertes besitzt; und
  - Automatische Rekonstruktion eines digitalen graphischen Musters aus den dunklen Bereichen, wobei das Muster als "IR-Muster" bezeichnet wird;
- Vergleichen des IR-Musters oder eines daraus abgeleiteten Wertes mit einem IR-Muster-Referenzwert zur Prüfung der Echtheit des Dokuments.
- 15.** Prüfeinheit (800) mit:
- einer Öffnung (808) für den Empfang eines Dokuments (500, 700) mit einem Dokumentenkörper (506), der einen gedruckten Bereich beinhaltet;
  - einer Bilderfassungseinheit (802) mit hinreichender Auflösung, um mindestens einen Teil der Tintenstrahltröpfchen (716, 718, 27, 722) in dem bedruckten Bereich räumlich auflösen zu können;
  - zumindest einem Prozessor (805);
  - einem nicht-flüchtigen Speicher mit computerinterpretierbaren Instruktionen (806), die, wenn sie von dem zumindest einen Prozessor ausgeführt werden, bewirken, dass Prüfverfahren gemäß einem der Ansprüche 12-14 durchführt.
- 16.** Ein System (900) umfassend:
- die Prüfeinheit (800) von Anspruch 15; und
  - eine IR-Lichtquelle (904); und/oder
  - eine im IR-Spektrum empfindliche Bilderfassungseinheit; und/oder
  - eine Lichtquelle (906) für Licht im sichtbaren Spektralbereich; und/oder
  - einen automatischen Dokumenteneinzug; und/oder
  - eine Kontrollvorrichtung (902) zur Kontrolle des Zugriffs auf oder Zutritts zu: geschützte Daten, Softwarefunktionen, Hardwarefunktionen oder räumliche Bereiche, wobei die Kontrollvorrichtung dazu konfiguriert ist, den Zugriff oder Zutritt nur dann zu gewähren, falls das Prüfverfahren ergibt, dass das Dokument valide ist.

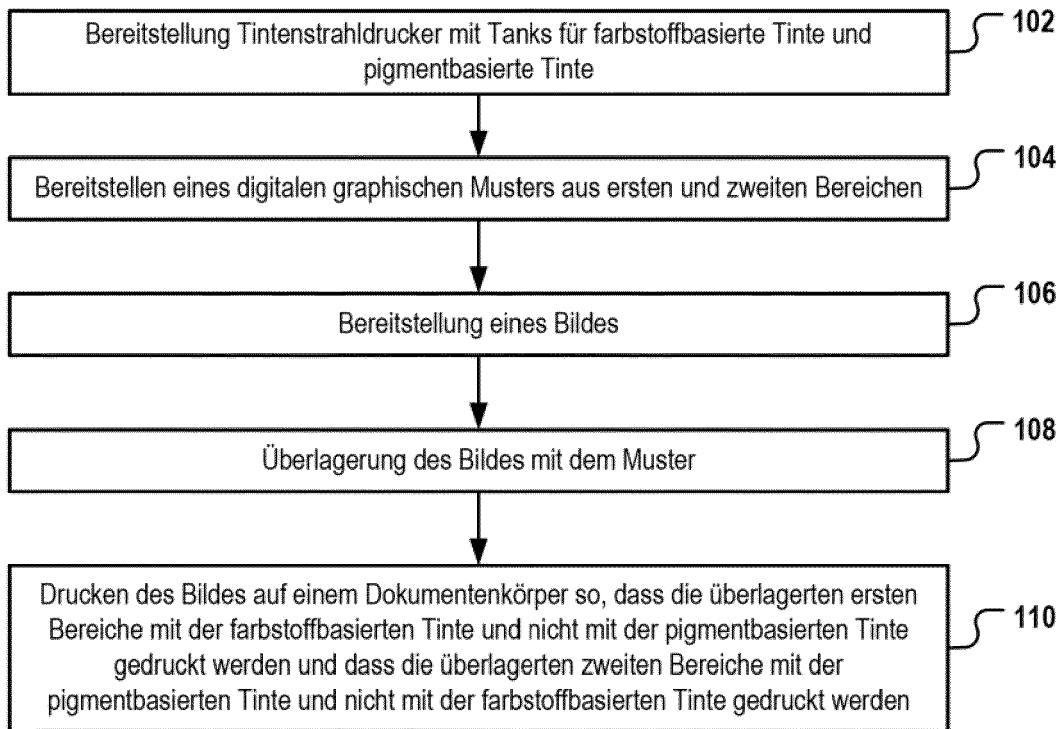


Fig. 1

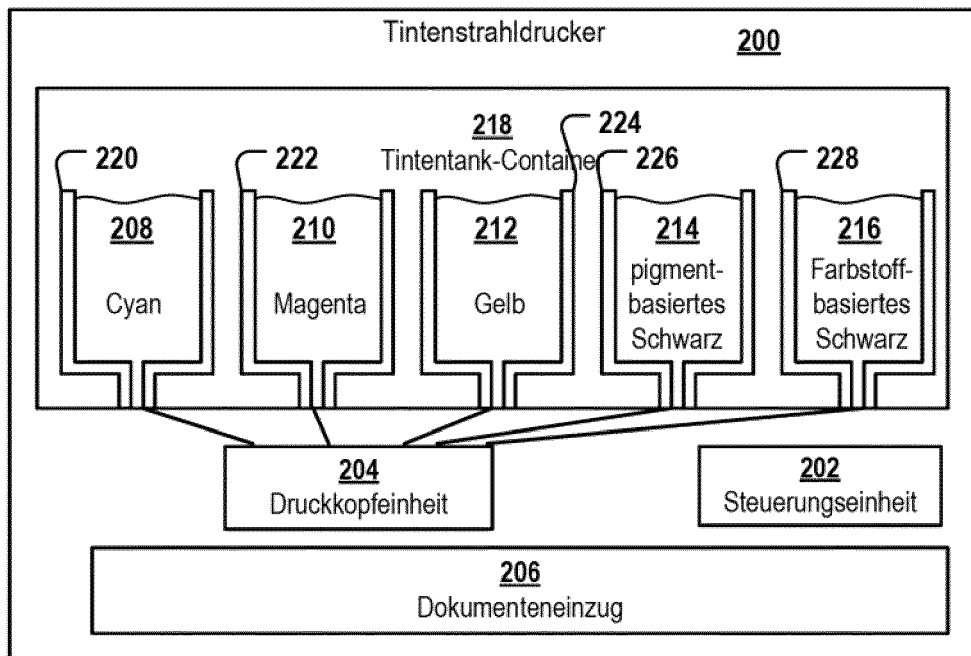


Fig. 2

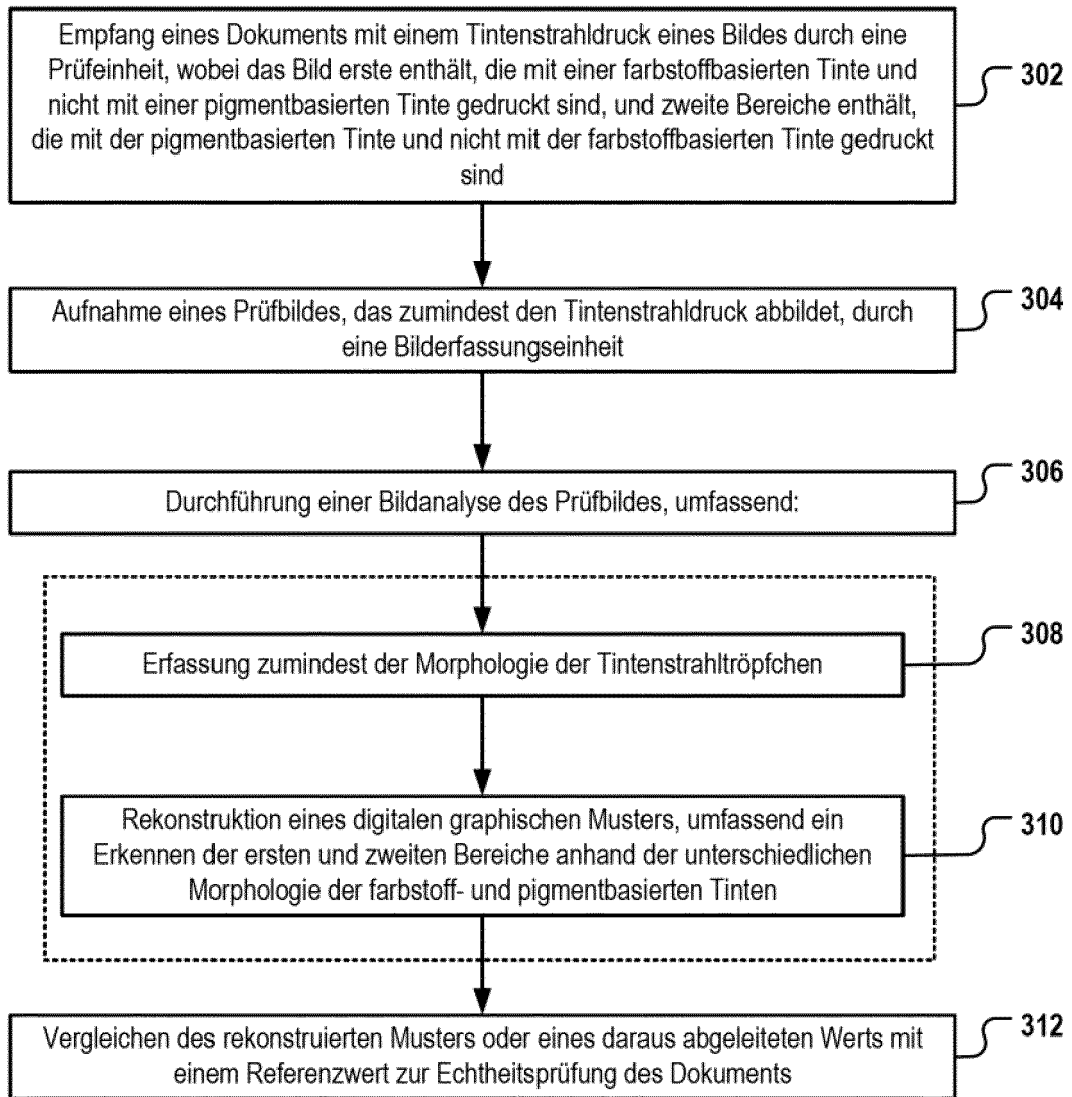


Fig. 3

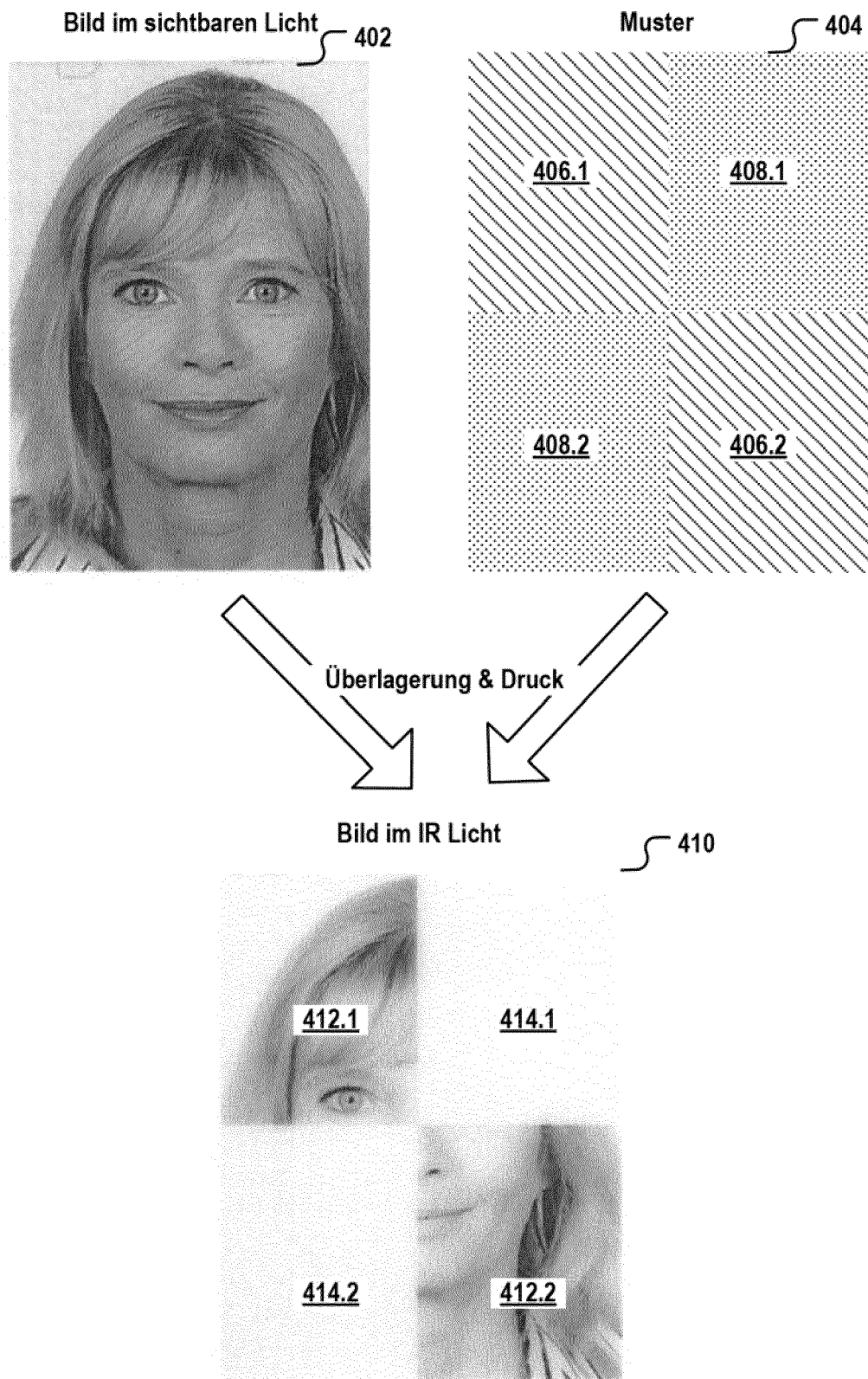
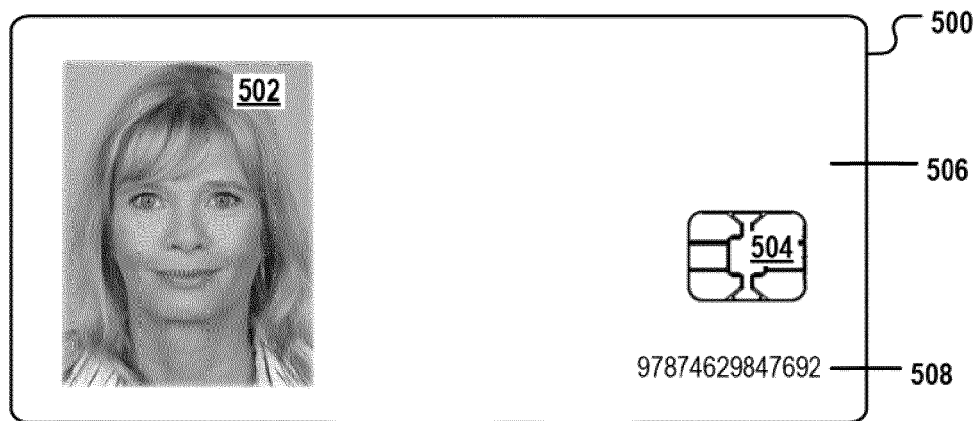


Fig. 4

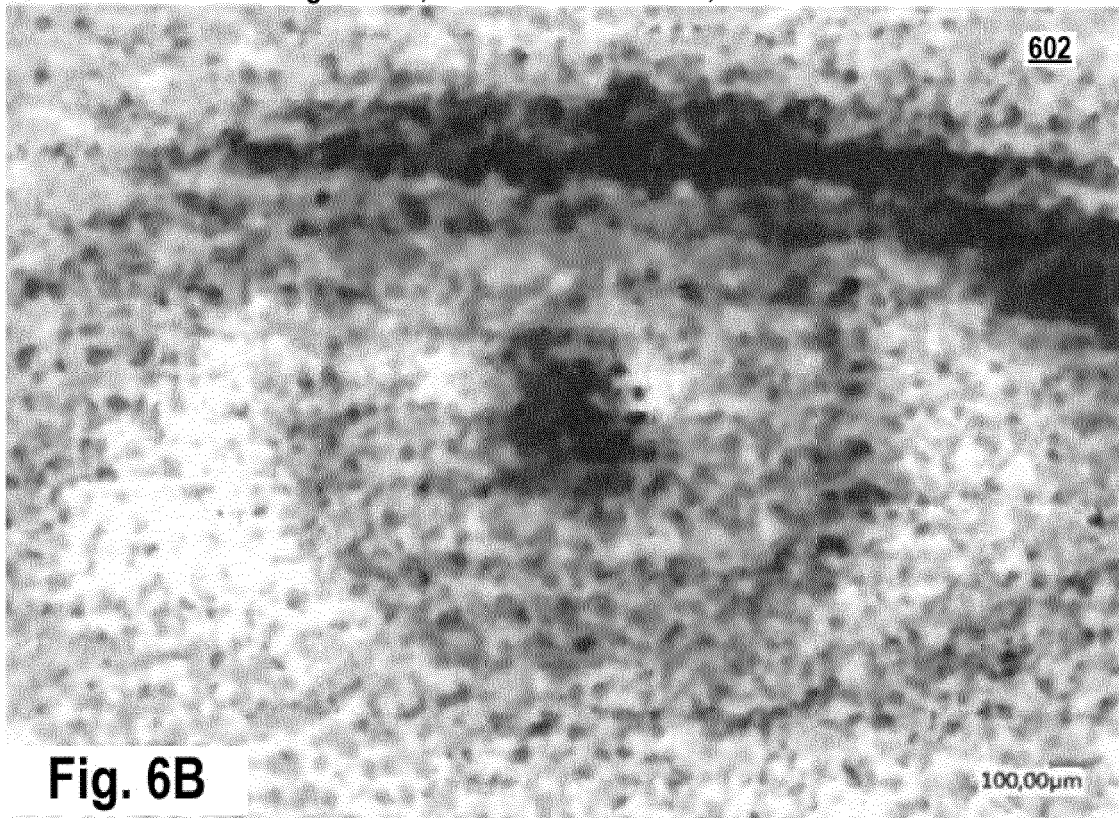


**Fig. 5**

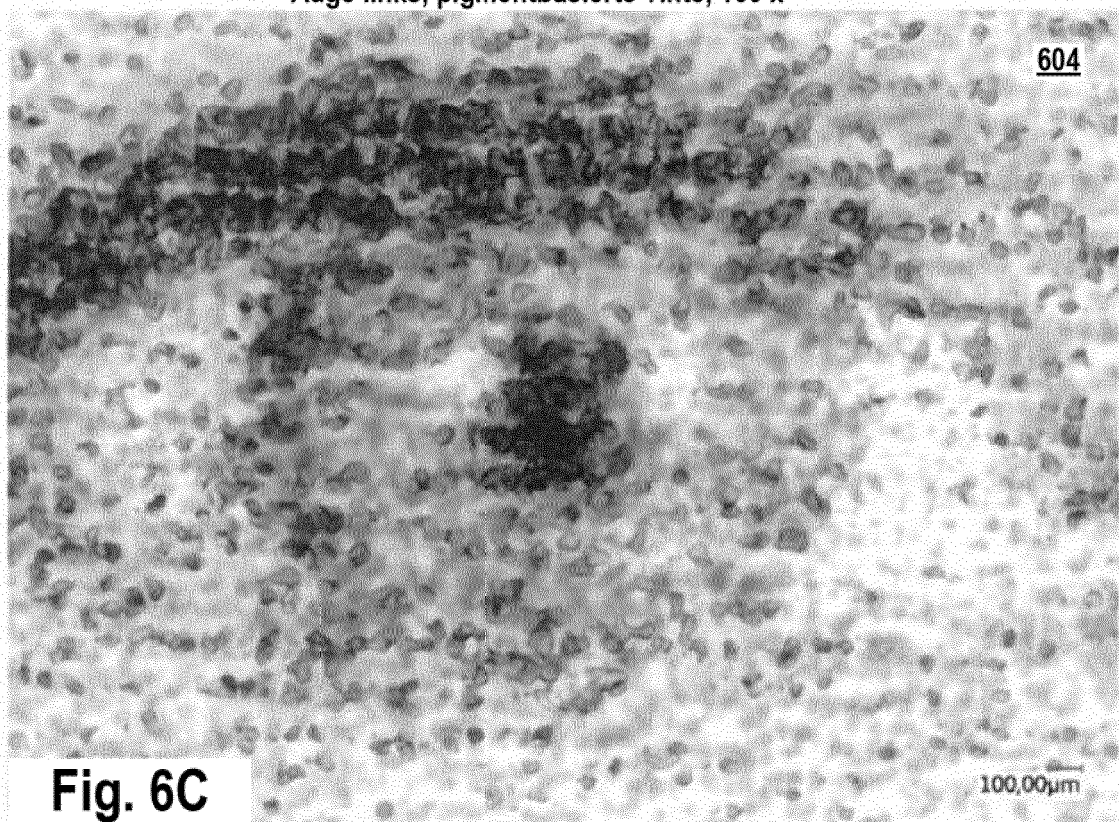


**Fig. 6A**

Auge rechts, farbstoffbasierte Tinte, 100 x

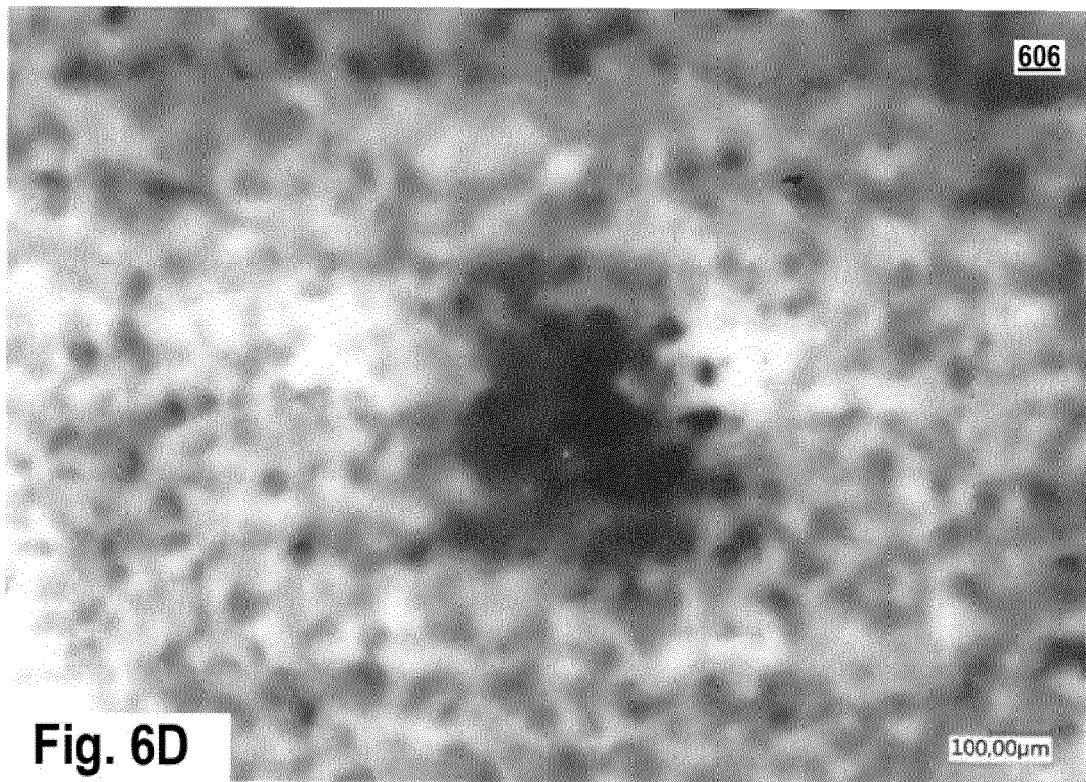


Auge links, pigmentbasierte Tinte, 100 x

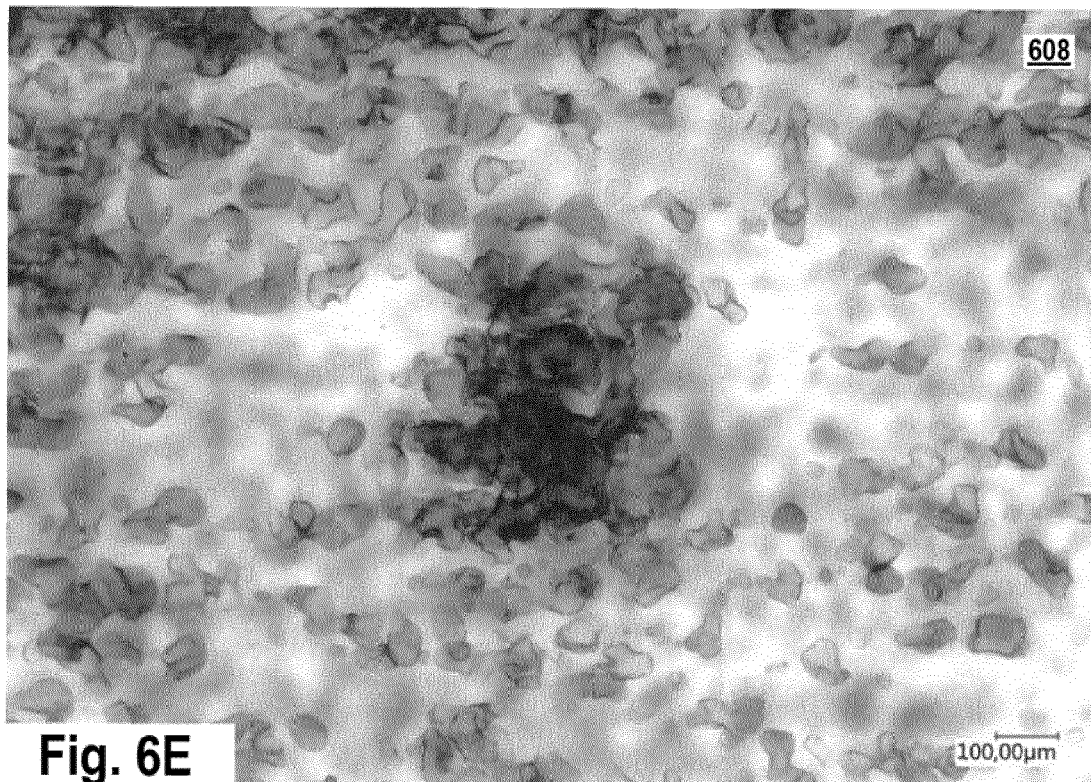




Auge rechts, farbstoffbasierte Tinte, 200 x



Auge links, pigmentbasierte Tinte, 200 x



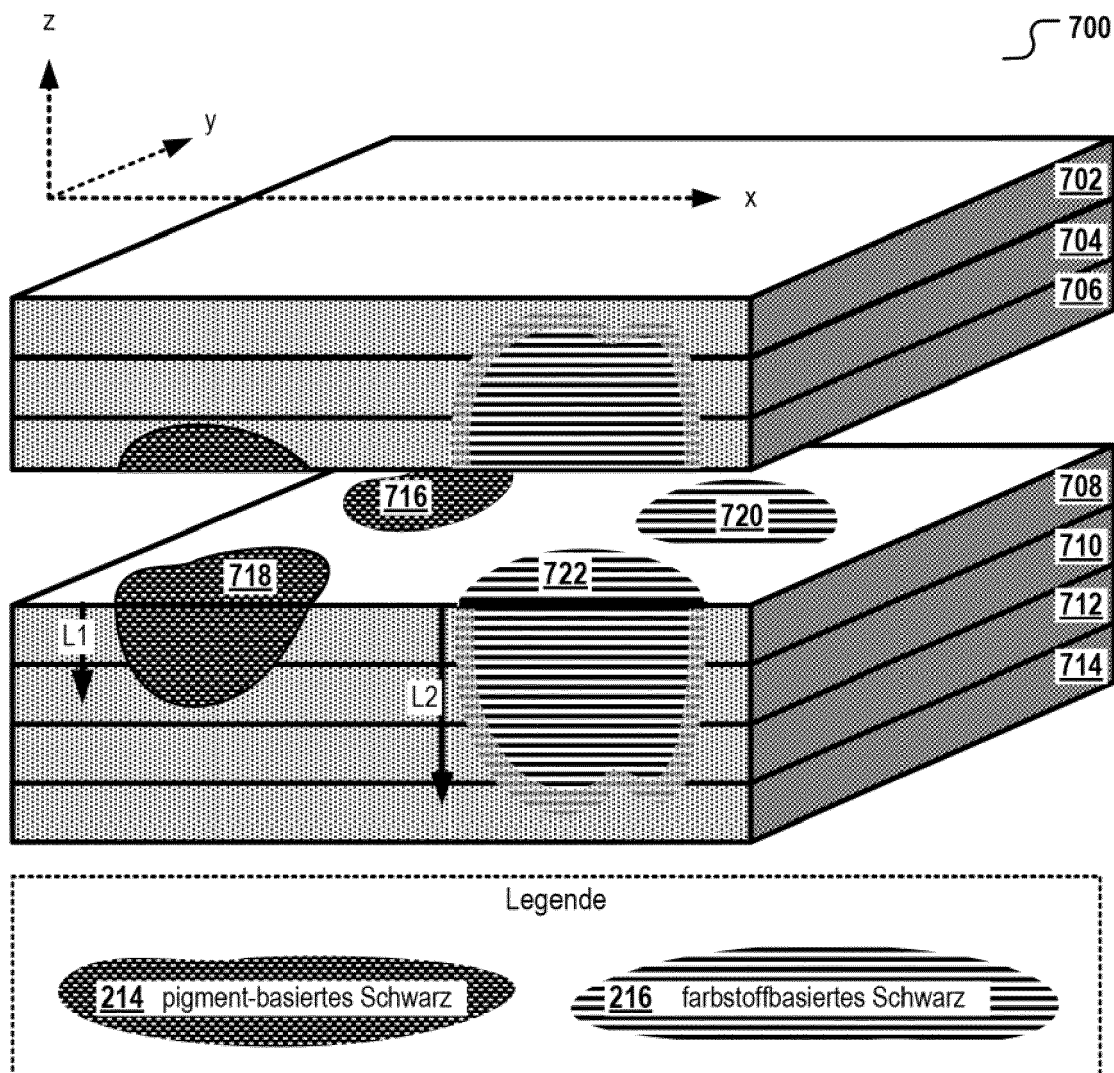


Fig. 7

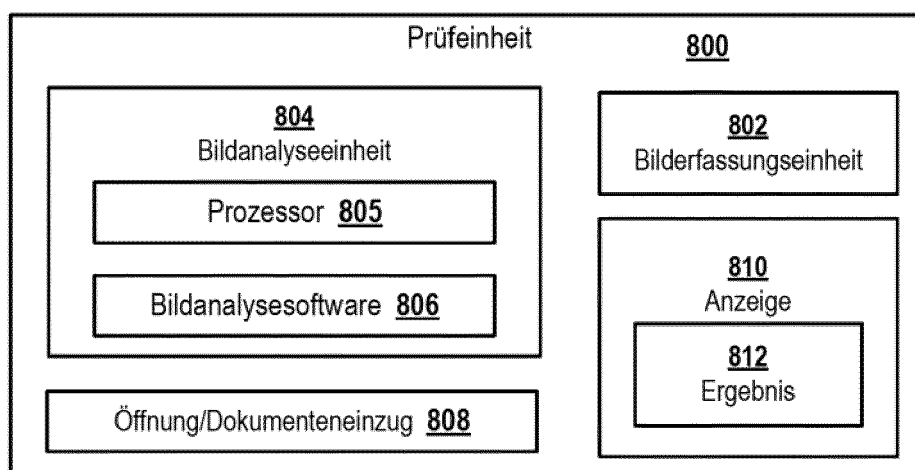


Fig. 8



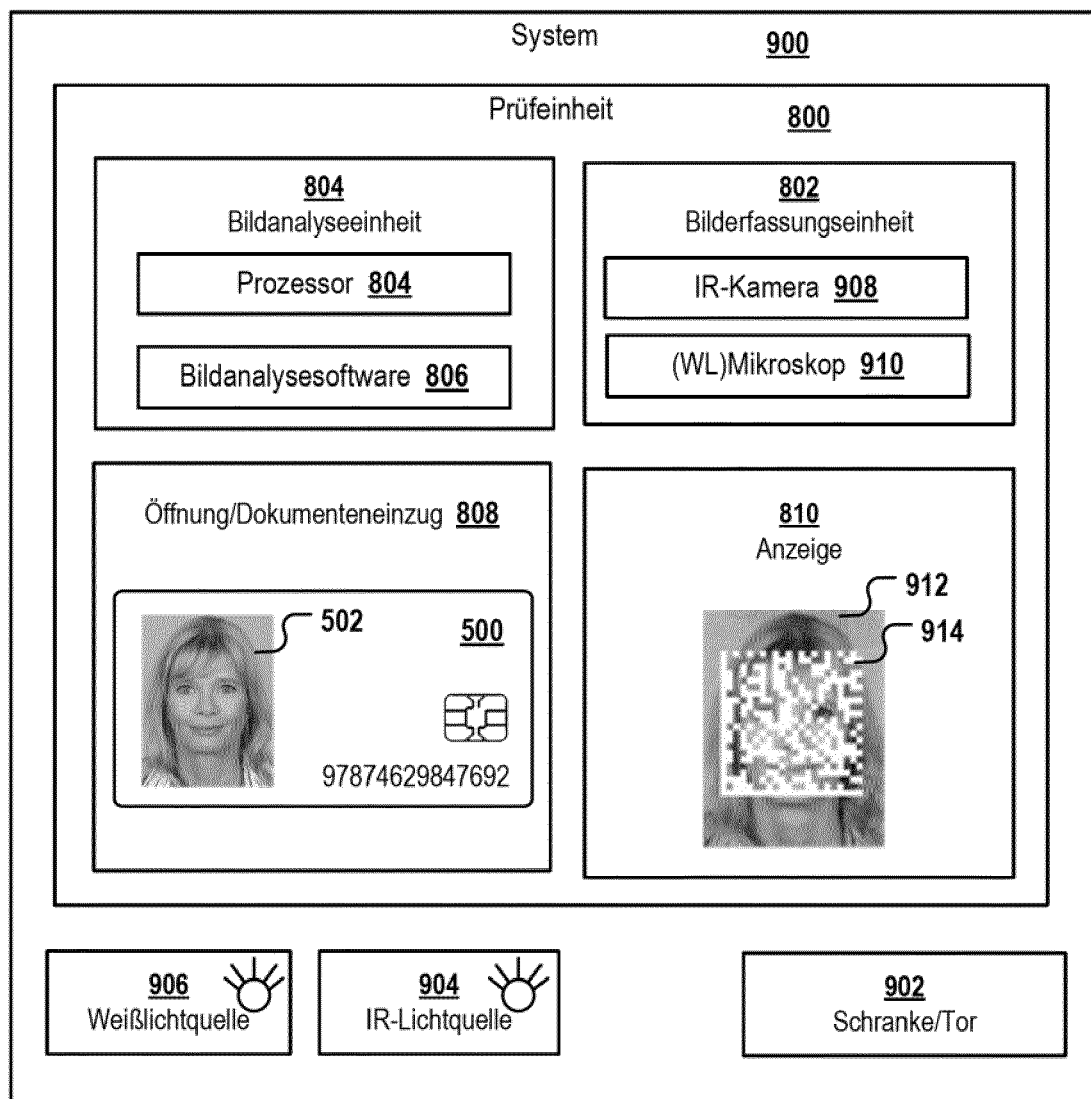


Fig. 9

## 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 Patentdokumente

- DE 102007052947 A1 [0019] [0135] [0164]
- DE 102008012419 A1 [0019] [0153] [0164]
- EP 1222620 B1 [0152]
- WO 024500882 A [0152]

### In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- CHEMICAL ABSTRACTS, 12237-22-8 [0030]
- CHEMICAL ABSTRACTS, 61901-87-9 [0031]
- CHEMICAL ABSTRACTS, 1333-86-4 [0032]
- CHEMICAL ABSTRACTS, 68186-91-4 [0033]
- CHEMICAL ABSTRACTS, 2475-44-7 [0035]
- CHEMICAL ABSTRACTS, 4477-79-6 [0037]
- CHEMICAL ABSTRACTS, 85-86-9 [0038]
- CHEMICAL ABSTRACTS, 1047-16-1 [0039]
- CHEMICAL ABSTRACTS, 34432-92-3 [0041]
- CHEMICAL ABSTRACTS, 6358-31-2 [0042]
- CHEMICAL ABSTRACTS, 31837-42-0 [0043]