

Verfahren zur Erstellung eines ästhetischen QR-Codes

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines in ein Bild eingebetteten 2D-Barcodes. Die Beschreibung erfolgt beispielhaft anhand von QR-Codes,

- 5 QR-Codes und andere zweidimensionale oder auch 2D-Barcodes haben sich in privater und beruflicher Kommunikation als Mittel, schnell über visuelle Angebote zu digitalen Inhalten weitergeleitet zu werden, etabliert. Das hohe Aufkommen und die hohe ästhetische Ähnlichkeit von QR-Codes untereinander führen dazu, dass sie zunehmend uninteressant oder unwichtig erscheinen. Dies gibt Anlass dafür, nach alternativen Darstellungen unter Erhalt ihrer
10 technischen Funktion zu suchen.

Viele dieser Verfahren haben das Problem, dass die resultierenden ästhetischen QR-Codes mit gängigen Handy-Kameras und -Apps nicht mehr verlässlich gelesen werden können.

- In der Publikation S. -S. Lin, M. -C. Hu, C. -H. Lee and T. -Y. Lee, „Efficient QR Code Beautification With High Quality Visual Content,“ in IEEE Transactions on Multimedia , Vol. 17
15 , No. 9, S. 1515-1524 (September 2015, doi: 10.1 109/TMM.201 5.2437711) sowie in der weiteren Publikation Y. -H. Lin, Y. -P. Chang and J. -L. Wu, „Appearance-Based QR Code Beautifier,“ in IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 15, No. 8, S. 2198-2207 (Dezember 2013, doi: 10.1 109/TMM.201 3.2271745) wird ein Verfahren offenbart, in welchem ein QR-Code (einer bestimmten Version, also Größe) immer aus gleich vielen Zellen besteht, auch wenn die
20 tatsächlich zu codierende Information deutlich weniger Bits verbraucht. Man unterscheidet zwischen *message bits*, die tatsächlich Information codieren, und *padding bits*, also Zellen die gar keine Information codieren. Zusätzlich gibt es noch weitere Regionen, sog. *parity bits*, die für die Fehlerkorrektur benötigt werden, sowie funktionale Zellen, die der Kamera helfen die Positionierung des Codes zu erkennen. In dem Verfahren wird nun die Bitfolge so abgeändert,
25 dass alle *padding bits* im Zentrum des Bildes zu liegen kommen. Da die *padding bits* keine relevante Information codieren, können sie vom Bild überdeckt werden. Das gesamte Verfahren ist ein mehrstufiges Verfahren das Optimierungsmethoden einsetzt um den Platz der für das Bild zur Verfügung steht durch u.a. durch Ausnutzung der Fehlertoleranz zu maximieren. Nachteilig ist, dass die tatsächliche Informationsmenge, die in einem solchen QR-
30 Code gespeichert werden kann, deutlich geringer ist, als bei üblichen QR-Codes. Beziehungsweise ist die Fläche, die für das Bild zur Verfügung steht, invers proportional zur Menge der abgespeicherten Information. Eine weitere Beschränkung dieses Verfahrens ist, dass bei größeren QR-Code-Versionen, welche auch im Zentrum funktionale Flächen haben, diese zwingenderweise in der Mitte des Bildes zu liegen kommen.

In der Publikation H. Su et al., „ArtCoder: An End-to-end Method for Generating Scanning-robust Stylized QR Codes,“ 2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Nashville, TN, USA, 2021, S.2277-2286 (doi: 10.1109/CVPR46437.2021.00231) wird ein Verfahren angegeben, das auf der Technik des

5 Neural-Style-Transfers basiert. Bei dieser KI-Methode wird ein Inhaltsbild im Stile eines anderen Stilbilds wiedergegeben. Diese Style-Transfer-Technik wird in dieser Lehre durch einen zusätzlichen Einbau eines QR-Codes ergänzt. Das Ergebnis ist ein QR-Code, der das Inhaltsbild im Stile des Stilbildes wiedergibt, wie bei Neural-Style-Transfer üblich, und zusätzlich als scanbarer QR-Code funktioniert. Eine Einschränkung, die sich durch den

10 Einsatz eines neuronalen Netzwerks ergibt, ist, dass das Ergebnis vom Nutzer nur schwer zu kontrollieren ist. Dieselbe Publikation geht auch auf Methoden zur Sicherstellung der Scanbarkeit ein; was dabei jedoch fehlt ist die Berücksichtigung von Verzerrungen, die gar nicht Teil des QR-Codes selbst sind, sondern erst durch dessen Einsatz in realen Umgebungen entstehen, wie beispielsweise Verschmutzungen oder Beschädigungen. Aus

15 diesem Grund ist diese Lehre unzureichend für einen echten Praxistest.

Die KR 101260499 B1 lehrt einen QR-Code, der aus mehreren Schichten aufgebaut ist, wobei die eigentliche QR-Code-Schicht durch eine Überlagerung der schwarzen Zellen eines klassischen QR-Codes sowie eines Filters, der sowohl die Farbe als auch die Form der nicht-transparenten Teile des QR-Codes bestimmt, gebildet wird. Bei diesem Verfahren geht

20 allerdings die Information der weiß codierten Zellen verloren, was zu höheren Fehlerquoten beziehungsweise deutlich stärkeren Einschränkungen bei der Auswahl des Hintergrundbilds führt. Insbesondere wenn das Hintergrundbild dunkle Flächen aufweist ist das genannte Verfahren nicht mehr als geeignet zu betrachten, da die ursprünglich weißen Zellen dann von einer Kamera als schwarz interpretiert würden.

25 Die CN 110766117 A lehrt ein Verfahren aus vielen Schritten: der Konversion eines Hintergrundbildes in ein Graustufenbild; dem Ermitteln von Konturlinien aus dem Graustufenbild; das Verschmelzen der Konturlinien mit dem Hintergrundbild und einem QR-Code; der Restaurierung der Farben des ursprünglichen Bilds in einem reduzierten Farbspektrum. Dies ist ein grundsätzlich anderer Ansatz als in der vorliegenden Erfindung.

30 Die US 12020114 B1 beschreibt ein Verfahren zur Scanbarkeitstestung. Es zielt darauf ab, einen QR-Code in verschiedenen Hintergrundumgebungen zu testen. Dies scheint aus technischer Sicht ungeeignet, eine tatsächliche Vorhersage über die Scanbarkeit zu treffen, wie sie im Rahmen der Erfindung erforderlich ist, da nur Elemente außerhalb des QR-Codes berücksichtigt werden, nicht aber die zahlreichen Verzerrungsformen, die auf und an dem QR-

35 Code selbst auftreten können.

Die US9805296B2 und AU2023201145B1 lehren Verfahren zur Erzeugung ästhetischer QR-Code, wobei Teile der QR-Code-Zellen transparent gestaltet werden. In nachteiliger Weise bestehen diese jeweils nur aus zwei Schichten, und müssen somit die QR-Code-Information über das gesamte Bild legen, was störend wirkt, da es willkürlich ggf. wichtige Partien des Basisbildes verfremdet oder gar unkenntlich macht.

Die Erfindung setzt sich zum Ziel, ein Verfahren zu schaffen, das eine größere Anzahl unterschiedlicher Basisbilder in zufriedenstellender Weise mit einem QR-Code kombiniert. Das Verfahren soll schnell, sicher mit hoher Scanbarkeit und zu hohen Anteilen automatisiert durchführbar sein. Es soll auch dahingehend sicher arbeiten, dass das Endergebnis zu einem ästhetischen QR-Code führt, der in der Praxis ausreichend sicher anwendbar ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren erreicht dies dadurch, dass es die folgenden Schritte umfasst:

- (a) Auswählen eines Basisbildes, wobei das Basisbild in Module gemäß dem QR-Raster unterteilt wird,
- 15 (b) Auswählen eines initialen Codes mit einer vorbestimmten Codierung von Modulen in Bits mit den Bit-Werten schwarz oder weiß als zweiter Bildschicht, wobei die Module des initialen Codes jeweils als primär oder nichtprimär markiert werden,
- (c) Ablegen jedes Moduls des initialen Codes auf das entsprechende Modul des Basisbilds durch Einfügen des jeweiligen Bit-Wertes in das Modul, wobei
 - 20 bei einem primären Modul des initialen Codes dieses Modul mit dem Bit-Wert vollständig dann ausgefüllt wird, wenn die Farb- oder Grauwerte des graphischen Inhalts des Moduls des Basisbildes sich im Wesentlichen von dem Bit-Wert des zugeordneten primären Moduls unterscheiden, und
 - bei einem nichtprimären Modul ein Teilbereich des Moduls des Basisbilds mit dem Bit-
 - 25 Wert ausgefüllt wird,

wodurch ein Interimsbild mit Modulen entsteht,

- (d.1) Auswählen eines zweiten Basisbildes,
- (d.2) Generieren einer dritten Bildschicht, durch Zuordnen von Transparenzwerten zu den Modulen des zweiten Basisbildes, wobei Modulen von höherer ästhetischer Wichtigkeit ein
- 30 geringerer Transparenzwert zugeordnet wird,
- (e) Erzeugen des eingebetteten Codes durch Überlagern der Module der dritten Bildschicht entsprechend ihrem Transparenzwert auf die Module des Interimsbilds.

Eine Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich dadurch, dass das zweite Basisbild in Schritt (d.1) ident oder im Wesentlichen ident zum ersten Basisbild ist.

5 Eine Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich dadurch, dass der Teilbereich des Moduls des Basisbilds in Schritt (c) eine zentrale Fläche des Moduls ist, deren Flächengröße insbesondere zwischen etwa 30% und 70% der Fläche des gesamten Moduls ist, und deren Umfang weiterhin insbesondere quadratisch, quadratisch mit abgerundeten Ecken, kreisförmig oder herzförmig ist. Dadurch sind weitere Parameter gegeben, das Basisbild oder den Code derart anzupassen, dass ein nutzbarer ästhetischer Code entsteht. Zusätzlich kann durch besondere Formen, die zunächst nicht für das menschliche Auge sichtbar sind, auf ein
10 besonderes Herstellungsverfahren und somit einen besonderen Hersteller verwiesen werden.

Eine Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich dadurch, dass nach Schritt (b.1) im Basisbild Bereiche von höherer Wichtigkeit ausgewählt und Module des initialen Codes aus dem korrespondierenden Bereich darin unter Erhaltung der codierten Information in andere Bereiche des initialen Codes verschoben werden. Auch dadurch sind weitere Parameter
15 gegeben, das Basisbild oder den Code derart anzupassen, dass ein nutzbarer ästhetischer Code entsteht.

Eine Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich dadurch, dass das Basisbild sichtbare schriftliche und/oder bildliche Informationen umfasst. Dies erweitert das Anwendungs- und das Sicherheitsspektrum eines ästhetischen Codes.

20 Eine Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich dadurch, dass weiterhin der Schritt vorgesehen ist: (f) Umwandeln des eingebetteten Codes durch eine oder mehrere graphische Verzerrungen unter Verwendung von Parametern A,

(g) Testen der Scanbarkeit des verzerrten eingebetteten Codes,

(h) entweder nach Feststellung der Scanbarkeit, Bestätigen des eingebetteten Codes als
25 geeignet, oder andernfalls ein oder mehrere Mal:

Generieren eines weiteren Basisbildes mit geänderten graphischen Parametern und/oder Generieren einer weiteren dritten Bildschicht mit einer anderen Zuordnung von Transparenzwerten, sowie

Erzeugen eines weiteren eingebetteten Codes,

30 Wiederholen des Tests auf Scanbarkeit bis die Feststellung der Scanbarkeit, und die Bestätigung des weiteren eingebetteten Codes erfolgt.

Durch diese Schritte wird sichergestellt, dass der herausgegebene Code funktioniert.

Eine Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich dadurch, dass vorgesehen ist: (f') Umwandeln des eingebetteten Codes in eine Population von Testbildern durch eine oder mehrere graphische Verzerrungen unter Verwendung der Parameter A, wobei die Parameter (A) sich bei den Testbildern untereinander unterscheiden,

- 5 (g') Testen der Scanbarkeit aller Testbilder der Population und Ermitteln einer Erkennungsstatistik,

(h') entweder nach Erreichen eines vorgegebenen Erfolgswertes, Bestätigen des eingebetteten Codes als geeignet, oder andernfalls ein oder mehrere Mal:

- 10 Generieren einer weiteren dritten Bildschicht mit einer anderen Zuordnung von Transparenzwerten, und

Erzeugen eines weiteren eingebetteten Codes,

Wiederholen des Tests auf Scanbarkeit der weiteren Population bis der vorgegebene Erfolgswert erreicht ist, und die Bestätigung des weiteren eingebetteten Codes erfolgt.

- 15 Durch diese Schritte wird verbessert sichergestellt, dass der herausgegebene Code funktioniert.

Eine Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich dadurch, dass die Parameter A ein oder mehrere aus der Liste umfassen:

- a. ein oder mehrere perspektivische Verzerrungen,
- b. Wölbung des gesamten eingebetteten Codes oder von Teilen davon,
- 20 c. künstliche Reflexion von Licht,
- d. künstliche teilweise oder ganz Beschattung,
- e. Beschmutzung und oder Beschädigung,
- f. Abdeckung oder Einriss,
- g. Auflösung und Farbspektrum eines physischen Druckers,
- 25 h. Simulation graphischer Verfremdungen durch Druck oder Bildschirmanzeige des eingebetteten Codes.

Durch diese und die folgenden Schritte wird sichergestellt, dass der herausgegebene Code funktioniert.

Eine Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich dadurch, dass wobei vor Schritt (b) der initiale Code unter Anwendung von vorbestimmten Parametern B verändert wird, wobei diese insbesondere ein oder mehrere aus der Liste umfassen:

- a. Änderung der Formatversion des Codes,
- 5 b. Änderung der Form der Module des Codes,
- c. Änderung der Maske des Codes.

Eine Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich dadurch, dass vor Schritt (a) das Basisbild unter Anwendung von vorbestimmten Parametern C geändert wird, wobei diese insbesondere ein oder mehrere aus der Liste umfassen:

- 10 a. Änderung des Bildausschnittes,
- b. Änderung der Auflösung des Basisbildes,
- c. Änderung von Helligkeit und/oder Kontrast des Basisbildes.

Eine Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich dadurch, dass nach Schritt (e) der eingebettete Code unter Anwendung einer Bewertung durch eine Instanz entweder bestätigt
15 oder verworfen wird, wobei nach dem Verwerfen Schritte d.1 und d.2 unter Anwendung von Parametern B und C ein oder mehrere Mal wiederholt werden, bis bei Anwendung der Bewertung der weitere eingebettete Code bestätigt wird.

Eine Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich dadurch, dass die Instanz eine Person oder ein KI-Modul ist, wobei das KI-Modul aufgrund eines Datensatzes von durch Personen
20 durchgeführten Bewertungen trainiert ist.

Eine Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich dadurch, dass vorgesehen ist: Erstellung einer Sequenz von eingebetteten Codes aus einer Sequenz von Basisbildern, und einem gemeinsamen initialen Code, wobei die Sequenz der eingebetteten Codes zu einer Filmdatei zusammengefasst wird. Dadurch ist es möglich, das hier vorgeschlagene Verfahren auch auf
25 Filme als Basisbilder/Basisgraphiken auszudehnen.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen und den Zeichnungen erläutert, dabei zeigen **Fig. 1a** einen ästhetischen QR-Code, **Fig. 1b** einen ästhetische QR-Code in Schwarz/Weiß, **Fig. 2** einen schematischen Ausschnitt aus einem ästhetischen QR-Code, **Fig. 3a** den Aufbau eines ästhetischen QR-Codes, **Fig. 3b, Fig. 3c** und **Fig. 3d** den Aufbau eines
30 ästhetischen QR-Codes, **Fig. 4a** bis **Fig. 4j** simulierte Verzerrungen eines ästhetischen QR-Codes, **Fig. 4k** bis **Fig. 4t** simulierte Verzerrungen eines ästhetischen QR-Codes in Schwarz/Weiß, **Fig. 5** bis **Fig. 8** Blockdiagramme zu Aspekten des Verfahrens zur Erzeugung

eines ästhetischen QR-Codes, **Fig. 9a** und **Fig. 9b** jeweils einen ästhetischen QR-Code mit runden und herzförmigen codierenden Flächen, **Fig. 9c** und **Fig. 9d** jeweils einen ästhetischen QR-Code in Schwarz/Weiß.

Das vorgeschlagene Verfahren besteht grundsätzlich darin, einen ästhetischen
5 zweidimensionalen Barcode wie etwa einem Datamatrix-Code (DM-Code) oder einen QR-Code durch den Aufbau von Schichten zu generieren. Das Verfahren ist bei allen 2D-Barcodes durchführbar. Im folgenden wird es beispielhaft an QR-Codes beschrieben.

Fig. 1a zeigt ein Beispiel eines ästhetischen QR-Codes, in welchem sowohl die Funktionalität eines herkömmlichen QR-Codes gegeben, als auch eine graphische Darstellung in Farbe
10 enthalten ist,

Fig. 1b verdeutlicht dasselbe in schwarz/weiß bzw. in Grauwerten.

Gemäß **Fig. 2** ist ein ästhetischer QR-Code aus Modulen, oder auch Zellen 11 aufgebaut, wobei jede Zelle einen Bit-Wert 12 des QR-Codes und/oder einen Bildteil 13 enthält oder
15 enthalten kann. Es ist nun für einen vorgegebenen QR-Code und eine konkrete graphische Darstellung als Basisbild festzulegen, wie jede Zelle 11 zu konfigurieren ist.

Das vorgeschlagene Verfahren bildet gemäß **Fig. 3a, 3b 3c** und **3d** drei Schichten, die zusammengenommen zum gewünschten ästhetischen QR-Code führt:

1. Unterste Schicht: Hintergrund – umfassend das Bild, das dargestellt werden soll.
2. Mittlere Schicht: QR-Code-Information (in üblicher Schwarz-Weiß-Codierung).
- 20 3. Oberste Schicht: Vordergrund – teils transparente Bildinformation, die Teile des Bildes der untersten Schicht wiederholt und somit den QR-Code teils überdeckt. Das Bild der obersten Schicht kann gleich wie jenes in der untersten Schicht sein (Beispiele: **Fig. 3a, Fig. 3b**) oder aus einem anderen Bild bestehen (Beispiele: **Fig. 3c, Fig. 3d**)

Als unterste Schicht wird ein (erstes) Basisbild herangezogen, das nahezu beliebig gewählt
25 werden kann. Während der Generierung des ästhetischen QR-Codes ist es jedoch nicht ausgeschlossen, dass das Basisbild mit graphischen Mitteln angepasst wird. Es ist auch nicht ausgeschlossen, dass man bestimmte, graphisch extreme Darstellungen aufgrund einer Unvereinbarkeit mit den QR-Code-Informationen nur schwer oder gar nicht mit einem QR-Code zusammenfügen kann.

30 Die QR-Code-Information in der mittleren Schicht ist dabei so gestaltet, dass nicht jede Zelle 11 vollständig Schwarz/Weiß codiert wird, sondern ein Teilbereich (**Fig. 2**) davon transparent bleibt und so die darunterliegende Bildschicht sichtbar bleibt. Bei einzelnen, für die Lesbarkeit besonders wichtigen Bereichen des QR-Codes werden die Zellen 11 vollständig befüllt.

Die dritte Schicht verdeckt die QR-Code-Information in Teilen des Bildes wieder, und in anderen Teilen wird die Schwarz/Weiß-Codierung durch teil-transparente Bildelemente in andersfarbige Hell-Dunkel-Elemente verwandelt. Durch die im QR-Code-Standard integrierte Fehlertoleranz kann der QR-Code immer noch korrekt gelesen werden, wenn Teile der Pixel, die die QR-Code-Information kodieren, nicht mehr lesbar sind. Die dritte Schicht wiederholt in einem ersten Ausführungsbeispiel in manchen, möglichst vielen Bereichen 1:1 die Bildinformation aus der untersten Schicht und ermöglicht es so, Teile des Bildes ganz ohne störende QR-Pixel darzustellen.

Der dritte Schritt des Überdeckens erfolgt mit herkömmlich graphischen Algorithmen des Überdeckens. Dies bedeutet, es wird ein Feld mit vorgegebenem graphischen Inhalt zu 0% bis 100% mit einem zweiten graphischen Inhalt überlagert wobei verschiedene Ansätze dieser Überlagerung selbst (pixelweise, flächenweise, Farbänderung von Flächen oder Pixeln) möglich sind, und entweder ausgewählt werden oder durch das Graphik-Programm voreingestellt implementiert werden.

Das Basisbild wird zunächst rasterartig unterteilt. Das Raster entspricht dem Rasterformat, das dem zu verwendenden QR-Code entspricht. Die Unterteilung des Basisbildes für zu einer Matrix von in den meisten Fällen quadratischen Zellen 11, wobei nun jede Zelle 11 mit dem entsprechenden Modul des QR-Codes zu kombinieren ist. Ein Teilbereich bleibt unverändert und zeigt den Bildteil 13 aus der Zelle 11 des Basisbildes. Der verbleibende Rest nimmt den Bit-Wert 12 des entsprechenden Moduls des QR-Codes auf. Der Flächenanteil, die Flächenform und die genaue Position des Bit-Werts 12 können variiert werden. Der Flächenanteil kann zwischen 30% bis 70% der Fläche der gesamten Zelle 11 sein; er kann auch graphisch in der Anzahl von Pixel ausgedrückt werden und bis hinunter zu nur einem Pixel groß sein. Die Form kann rund, eckig, quadratisch mit scharfen oder abgerundeten Ecken oder auch herzförmig sein. Die Position ist beispielsweise zentral in einer Zelle 11 oder wie in Fig. 2 dargestellt in einer Ecke. In den **Fig. 9a** ist ein ästhetischer QR-Code mit z.T. runden Bits dargestellt, in **Fig. 9b** einer mit teilweise herzförmigen. **Fig. 9c** und **Fig. 9d** zeigt Analoges in schwarz/weiß.

Die QR-Code-Schicht kann also im Gegensatz zum Stand der Technik bis auf die funktionalen Flächen vollständig teiltransparent sein und so auf der gesamten Fläche des QR-Codes das ästhetische Hintergrundbild anzeigen. Der Rand mit "klassischem" QR-Code-Muster, der bei Verfahren des Standes der Technik zum Teil zwingend notwendig ist, entfällt hier.

Der zunächst dreischichtig aufgebaute ästhetische QR-Code wird erst einer Qualitätssicherung, d.h. einem Test auf Scanbarkeit, d.h. Lesbarkeit der kodierten Informationen unterzogen, ehe er als endgültiges Ergebnis des Verfahrens herausgegeben

wird. Dies wird umgesetzt, indem realistische Beeinträchtigungen der Scanbarkeit in Real-Umgebungen simuliert werden, und so eine durchschnittliche Scanbarkeitsrate in realen Umgebungen ermittelbar ist. Durch Iteration über die QR-Code-Generierung erlaubt dieses Verfahren somit, ästhetische QR-Codes zu erstellen die festlegbaren Mindestanforderungen an die technische Scanbarkeit genügen.

Konkret besteht das Verfahren aus folgenden Schritten, demonstriert am Beispiel der **Fig. 4a** bis **Fig. 4j**. Unter realen Bedingungen kann es permanent oder nur im Augenblick des Scannens eines QR-Codes dazu kommen, dass er verzerrt und/oder optisch beeinträchtigt erscheint durch:

10 Fig. 4a: perspektivische Verzerrungen,

Fig. 4b: Wölbung des gesamten QR-Codes oder von Teilen davon,

Fig. 4c: (künstliche) Reflexionen, z.B. für Codes die auf reflektierendem Material gedruckt oder hinter solchem präsentiert werden,

Fig. 4d: (künstlicher) Schatten,

15 Fig. 4e: Beschmutzung/Beschädigung des QR-Codes,

Fig. 4f: Abdeckung (hier z.B. durch eine Fingerkuppe)/ Einriss / Beschädigung von Teilen des Codes.

Es kann ebenso zu einer Veränderung durch Auflösungsvermögen und Farbspektrum eines physischen Druckers sowie Eigenheiten des Druck- oder Anzeigemediums kommen, die simuliert werden können. Eine Verschmutzung kann durch Einstellung des sog. Seed-Wertes simuliert werden:

20 Fig. 4g: Verschmutzung mit einem Seed-Wert 4023.

Wie in Fig. 4h und Fig. 4i dargestellt, kann es auch zu Kombinationen und Überlagerungen von Verzerrungseffekten kommen. Auch sie werden bei der Qualitätssicherung simuliert.

25 Gemäß Fig. 4j kann es zu unterschiedlichen Druckergebnissen in Abhängigkeit einer allfällig zwischengeschalteten Bildverarbeitung mit einem RGB- oder einem CMYK-Farbprofil kommen, das ebenfalls zu einer veränderten Scanbarkeit führen kann und daher getestet wird.

Die **Fig. 4k** bis **Fig. 4t** zeigen Analoges in schwarz/weiß.

Bei der Scanbarkeitstestung wird im Gegensatz zu Verfahren aus dem Stand der Technik ein „Top-Down“-Ansatz verfolgt, da ein fertiger QR-Code getestet und dabei vielen realistischen Verzerrungen unterworfen wird. Im Stand der Technik wird dagegen ein „Bottom-Up“-Ansatz gelehrt, wo ausgehend von einem Verständnis, wie Scan-Algorithmen funktionieren, bereits

bei der Erstellung des QR-Codes versucht wird, Elemente die die Lesbarkeit stören könnten, zu vermeiden. Dies schränkt die Freiheit bei der Wahl von Basisbildern und deren Anpassung jedoch stark ein.

- 5 Jede Verzerrung kann durch mehrere Parameter bestimmt sein (z.B. Winkel der perspektivischen Verzerrung, Form, Intensität und Verlauf eines Schattens). Ein zunächst erzeugter ästhetischer QR-Code ist daher Ausgangspunkt für eine Testreihe. Das Verfahren der Qualitätssicherung umfasst dann in einem ersten Schritt:

Erstellen einer Testreihe durch verschiedene Kombinationen von Verzerrungen, mit:

- a. Festlegen der Anzahl an Testbildern;
- 10 b. jedes Testbild wird durch eine Kombination der Anwendung von zufällig ausgewählten Verzerrungen mit zufällig ausgewählten Parametern auf den ursprünglichen ästhetischen QR-Code erstellt, (dadurch, dass viele der Parameter numerisch sind, gibt es für jeden ästhetischen QR-Code praktisch unendlich viele Möglichkeiten für Testbilder);
- 15 c. die Zufallsauswahl kann je nach Anforderungen auch gesteuert werden (z.B. vermehrte Auswahl eines bestimmten Druckmediums, auf das der Code primär ausgedruckt werden soll).

In einem zweiten Schritt wird eine Statistik der Scanbarkeit der Testreihe ermittelt:

- d. jedes Bild der Testreihe wird mit Standard-Algorithmen für QR-Code-Scans gescannt,
- 20 e. Festhalten des Scanergebnisses für jedes Bild der Testreihe mit den zwei möglichen Werten 0/1 für Erfolg/Misserfolg,
- f. Ermitteln einer Erfolgsstatistik (z.B. Durchschnitt der einzelnen Scanergebnisse).

- 25 Wenn die Statistik gemäß **Fig. 5** einen vorher festgelegten Mindestwert erreicht („Mindestanforderung erfüllt“), gilt der zunächst erzeugte ästhetische QR-Code als nutzbar und wird als „fertiger QR-Code“, bzw. endgültiger ästhetischer QR-Code herausgegeben. Andernfalls wird das Verfahren zur Erzeugung eines ästhetischen QR-Codes aus drei Schichten wiederholt, wobei grundsätzlich die Bildbearbeitungsschritte für jede der drei Schichten unter geänderten Parametern B und C durchgeführt wird.

- 30 In **Fig. 5** stellt „QR-Code-Erzeugung“ also ein geeignetes Verfahren zur Erstellungen eines ästhetischen QR-Codes aus drei Schichten dar, das basierend auf Bild- und QR-Code-Information einen neuen ästhetischen QR-Code erstellen kann, und so Änderungen an einem

gegebenen ästhetischen QR-Code ermöglicht. Die Daten in einem ästhetischen QR-Code sind dabei technisch in ein Bild-Information und QR-Code-Information zu trennen, wodurch eine getrennte Überarbeitung eines Designs ermöglicht wird. „Ermitteln der Scanbarkeit“ erfolgt durch das oben beschriebene Verfahren.

- 5 Das wiederholte Erstellen eines ästhetischen QR-Codes mit anderen Parametern kann von einer Person durchgeführt werden. Alternativ kann eine automatisierte Erstellung durch eine Künstliche Intelligenz (KI-basiert) erfolgen, die die Scanbarkeit mitlernt. Zusätzlich kann die KI auch Nutzerpräferenzen, wie sie beispielsweise über A/B-Tests objektiv erhoben werden können, ebenfalls mitlernen.
- 10 **Fig. 6** zeigt eine Maschine, bzw. eine Programmlogik zur Generierung von ästhetischen QR-Codes (Bildern mit eingebetteten QR-Codes). Es kommen hier Hyperparameter zur Verwendung, die Eigenschaften von Bilddateien und von QR-Codes in nichtgraphischer Hinsicht, also nicht die Helligkeit, Farbwerte, Form von Zellen und Flächen etc. betreffen. Dies sind z.B. Auswahl aus einer Mehrzahl von QR-Code-Versionen als Vorlage, Dateientyp und
- 15 dergleichen.

Das Verfahren aus **Fig. 6** benötigt als Eingabe 102 in den QR-Code zu integrierende Daten sowie die Eingabe 104 eines Basisbilds. Als optionale Eingabe 122 können auch Kontext-Daten, wie beispielsweise beschreibende Schlüsselworte (Namen von individuellen Personen, Firmen oder Ereignissen, für die ein bestimmter Code erstellt ist oder dergleichen) eingegeben

20 werden. Aus diesen Eingaben sowie Hyperparametern 106 und 112 erzeugt der QR-Generator in Schritt 108 einen für die Einbettung in das Bild optimierten QR-Code 114. Ein erster Bildgenerator 110 erzeugt 116 eine für die Integration des QR-Codes optimierte Variante des Basisbilds. Aus diesen Eingaben, sowie weiteren Hyperparametern und optionalem als Eingabeparameter zur Verfügung gestelltem Kontext 122 erzeugt der Generator 120 ein Bild

25 mit integriertem QR-Code, also einen vorläufigen ästhetischen QR-Code (sog. QR-Bild-Kombi 124). Ein Diskriminator 126 überprüft dieses Bild auf Kriterien wie die korrekte Lesbarkeit des QR-Codes sowie die erlernten menschlichen Präferenzen. Diese Präferenzen werden gelernt, indem der Diskriminator 126 dem menschlichen Evaluator 132 eines oder mehrere Beispielbilder 130 zur Verfügung stellt. Die Beispielbilder 130 werden vom menschlichen

30 Evaluator 132 über eine Bewertungseingabe 128 bewertet. Der Diskriminator 128 passt auf Basis dieser Bewertungsdaten sowie der Auswertung der technischen Qualitätskriterien abermals die Hyperparameter 106, 112 und 118 der Generatoren 108, 110, 120 an. Diese Schleife wiederholt sich, bis der menschliche Evaluator 132 über ein spezielles Stopp-Signal das Ende des Prozesses signalisiert. Die Änderung des Kontexts 122 während der Laufzeit ist

35 dabei grundsätzlich möglich.

- Optional kann dieser Maschine zur Generierung von ästhetischen QR-Codes eine zweite Maschine gemäß **Fig. 7** zur Erzeugung eines Bildes 210 aus den QR-Daten 202 und einem Kontext 204, wie beispielsweise stichwortartigen Beschreibungen, beigefügt werden. Der endgültig erstellte ästhetische QR-Code kann neben der QR-Codierung und ästhetischen
- 5 Bildanteilen auch sichtbare schriftliche Informationen umfassen, beispielsweise einen Namen. Dadurch ist der ästhetische QR-Code personalisierbar und individualisierbar und kann für Anwendungen mit einem zusätzlichen Sicherheitsaspekt verwendet werden. So können Dritte beispielsweise ohne technische Hilfsmittel ablesen, für wen ein konkreter ästhetischer QR-Code erstellt wurde.
- 10 Das von der Maschine aus **Fig. 7** erstellte Bild 210 kann als Basisbild 104 für die Maschine 100 aus **Fig. 6** verwendet werden. Hierbei ergeben sich mehrere Ausgestaltungsmöglichkeiten: die Maschine aus Fig. 7 kann mit der Maschine aus Fig. 6 verknüpft und die 206 Hyperparameter können vom Diskriminator 126 zusammen mit den anderen Hyperparametern 106, 112 und 118 angepasst werden.
- 15 Als alternative Ausgestaltungsmöglichkeit kann gemäß **Fig. 8** eine separate Rückmeldungsschleife mit einem menschlichen Evaluators für die Bildgenerierung eingesetzt werden. Die Maschine aus **Fig. 8** zeigt, wie dies funktioniert: der Diskriminator 212 präsentiert in Schritt 218 dem menschlichen Evaluators 216 eines oder mehrere Beispielbilder, der menschliche Evaluators stellt in Schritt 214 dem Diskriminator 212 Bewertungen zur Verfügung.
- 20 Auf Basis dieser Bewertungen passt der Diskriminator 212 die Hyperparameter 206 des Generators 208 an. Diese Schleife wiederholt sich bis der menschliche Evaluators 218 über ein spezielles Stopp-Signal das Ende des Prozesses signalisiert.
- Dieselben Vorteile werden gleichermaßen für Datamatrix-Codes und andere zweidimensionale Barcodes erzielt. Das Verfahren ist nicht auf QR-Codes beschränkt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines in ein Bild eingebetteten 2D-Barcodes, insbesondere eines DM- oder eines QR-Codes, das die folgenden Schritte umfasst:
 - 5 (a) Auswählen eines Basisbildes, wobei das Basisbild in Zellen (11), bzw. Modul gemäß dem Code-Raster unterteilt wird,
 - (b) Auswählen eines initialen Codes mit einer vorbestimmten Kodierung von Modulen in Bits mit den Bit-Werten (12) schwarz oder weiß als zweite Bildschicht, wobei die Module des initialen Codes jeweils als primär oder nichtprimär markiert werden,
 - 10 (c) Ablegen jedes Moduls des initialen Codes auf das entsprechende Modul des Basisbilds durch Einfügen des jeweiligen Bit-Wertes (12) in das Modul, wobei
 - bei einem primären Modul des initialen Codes dieses Modul mit dem Bit-Wert (12) vollständig dann ausgefüllt wird, wenn die Farb- oder Grauwerte des graphischen Inhalts des Moduls des Basisbildes sich im Wesentlichen von dem Bit-Wert (12) des zugeordneten primären Moduls unterscheiden, und
 - 15 bei einem nichtprimären Modul ein Teilbereich des Moduls des Basisbilds mit dem Bit-Wert (12) ausgefüllt wird,wodurch ein Interimsbild mit Modulen entsteht,
 - (d.1) Auswählen eines zweiten Basisbildes,
 - 20 (d.2) Generieren einer dritten Bildschicht, durch Zuordnen von Transparenzwerten zu den Modulen des zweiten Basisbildes, wobei Modulen von höherer ästhetischer Wichtigkeit ein geringerer Transparenzwert zugeordnet wird,
 - (e) Erzeugen des eingebetteten Codes durch Überlagern der Module der dritten Bildschicht entsprechend ihrem Transparenzwert auf die Module des Interimsbilds.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das zweite Basisbild in Schritt (d.1) ident oder im Wesentlichen ident zum ersten Basisbild ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Teilbereich des Moduls des Basisbilds in Schritt (c) eine zentrale Fläche des Moduls ist, deren Flächengröße insbesondere zwischen etwa 30% und 70% der Fläche des gesamten Moduls ist, und deren Umfang weiterhin insbesondere quadratisch, quadratisch mit abgerundeten Ecken, kreisförmig oder herzförmig ist.
- 30 4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei nach Schritt (b.1) im Basisbild Bereiche von höherer Wichtigkeit ausgewählt und Module des initialen Codes aus dem korrespondierenden Bereich darin unter Erhaltung der codierten Information in andere Bereiche des initialen Codes verschoben werden.
- 35

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Basisbild sichtbare bildliche und/oder schriftliche Informationen umfasst.
- 5 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei weiterhin der Schritt vorgesehen ist: (f) Umwandeln des eingebetteten Codes durch eine oder mehrere graphische Verzerrungen unter Verwendung von Parametern A,
- (g) Testen der Scanbarkeit des verzerrten eingebetteten Codes,
- (h) entweder nach Feststellung der Scanbarkeit, Bestätigen des eingebetteten Codes als
10 geeignet, oder andernfalls ein oder mehrere Mal:
- Generieren eines weiteren Basisbildes mit geänderten graphischen Parametern und/oder Generieren einer weiteren dritten Bildschicht mit einer anderen Zuordnung von Transparenzwerten, sowie
- Erzeugen eines weiteren eingebetteten QR-Codes,
- 15 Wiederholen des Tests auf Scanbarkeit bis die Feststellung der Scanbarkeit, und die Bestätigung des weiteren eingebetteten QR-Codes erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei vorgesehen ist: (f') Umwandeln des eingebetteten Codes in eine Population von Testbildern durch eine oder mehrere graphische Verzerrungen unter
20 Verwendung der Parameter A, wobei die Parameter A sich bei den Testbildern untereinander unterscheiden,
- (g') Testen der Scanbarkeit aller Testbilder der Population und Ermitteln einer Erkennungsstatistik,
- (h') entweder nach Erreichen eines vorgegebenen Erfolgswertes, Bestätigen des
25 eingebetteten QR-Codes als geeignet, oder andernfalls ein oder mehrere Mal:
- Generieren einer weiteren dritten Bildschicht mit einer anderen Zuordnung von Transparenzwerten, und
- Erzeugen eines weiteren eingebetteten Codes,
- 30 Wiederholen des Tests auf Scanbarkeit der weiteren Population bis der vorgegebene Erfolgswert erreicht ist, und die Bestätigung des weiteren eingebetteten Codes erfolgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, wobei die Parameter A ein oder mehrere aus der Liste umfassen:
- 35 a. ein oder mehrere perspektivische Verzerrungen,
- b. Wölbung des gesamten eingebetteten Codes oder von Teilen davon,
- c. künstliche Reflexion von Licht,
- d. künstliche teilweise oder ganz Beschattung,

- 5 e. Beschmutzung und oder Beschädigung,
f. Abdeckung oder Einriss,
g. Auflösung und Farbspektrum eines physischen Druckers,
h. Simulation graphischer Verfremdungen durch Druck oder Bildschirmanzeige des eingebetteten Codes.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei vor Schritt (b) der initiale Code unter Anwendung von vorbestimmten Parametern B verändert wird, wobei diese insbesondere ein oder mehrere aus der Liste umfassen:
- 10 a. Änderung der Formatversion des Codes,
b. Änderung der Form der Module des Codes,
c. Änderung der Maske des Codes.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei vor Schritt (a) das Basisbild unter Anwendung von vorbestimmten Parametern C geändert wird, wobei diese insbesondere ein oder mehrere aus der Liste umfassen:
- 15 a. Änderung des Bildausschnittes,
b. Änderung der Auflösung des Basisbildes,
c. Änderung von Helligkeit und/oder Kontrast des Basisbildes.
- 20 11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei nach Schritt (e) der eingebettete Code unter Anwendung einer Bewertung durch eine Instanz entweder bestätigt oder verworfen wird, wobei nach dem Verwerfen Schritte d.1 und d.2 unter Anwendung von Parametern B und C ein oder mehrere Mal wiederholt werden, bis bei Anwendung der
- 25 Bewertung der weitere eingebettete Code bestätigt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Instanz eine Person oder ein KI-Modul ist, wobei das KI-Modul aufgrund eines Datensatzes von durch Personen durchgeführten Bewertungen trainiert ist.
- 30 13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei vorgesehen ist: Erstellung einer Sequenz von eingebetteten Codes aus einer Sequenz von Basisbildern, und einem gemeinsamen initialen Code, wobei die Sequenz der eingebetteten Codes zu einer Filmdatei zusammengefasst wird.

35