

# Technisches Design von 2D-Barcodes und dessen Auswirkung

Felix Riehm

*Hochschule für Technik und Wirtschaft*

Berlin, Deutschland

Felix.Riehm@student.htw-berlin.de

**Abstract**—QR Codes erfreuen sich seit Jahren steigender Beliebtheit. Sie sind allgegenwärtig geworden und sind bei den Nutzern sehr beliebt. Mit der Einführung von Smartphones sind QR Codes populär geworden und finden Anwendung in vielen unterschiedlichen Bereichen. Bei der Anwendung kommt es zur Interaktion von einem Nutzer mit dem QR Code. In dieser Arbeit wird untersucht welche technische Hintergründe die Interaktionskomponenten des QR Codes haben und warum. Konkret werden die Interaktionskomponenten Kontrolle, Reaktionsfreudigkeit, Echtzeit-Interaktion, Verspieltheit, Personalisierung und Verbundenheit den technischen Gründen Fehlertoleranz, Aufbau, Kapazität und Bildanalyse zugeordnet und erklärt, woraus sich die Interaktionskomponenten technisch ergeben.

**Index Terms**—QR code, interaction, error tolerance, structure, image analysis, capacity

## I. EINLEITUNG

QR Codes finden auf der ganzen Welt verschiedene kommerzielle, sowie nicht kommerzielle Anwendungen. Anwendungsbereiche sind Marketing, Gesundheitssysteme, Logistik, Finanzsysteme, Gastwirtschaft, Unterhaltungsindustrie und viele mehr. Dieses breite Anwendungsspektrum ermöglichte eine schnelle Verbreitung des QR Codes und damit auch ein allgemeines Verständnis der Menschen, was ein QR Code ist und was man damit machen kann. Diese Verbreitung war geprägt von der Einführung von Smartphones, die eine Kamera besitzen mit derer man QR-Code scannen kann. Ab diesem Zeitpunkt war es nicht nur Firmenangestellten mit spezieller Hardware möglich Barcodes zu scannen, sondern jedem der ein Smartphone besitzt. QR Codes haben daraufhin immer mehr Anwender gefunden die QR Codes nutzten, um diese gestalterisch in ihre Projekte miteinzubeziehen. So hat zum Beispiel Disney Japan eine Werbekampagne durchgeführt bei der Disney Charaktere Teil von QR Codes wurden (siehe Fig. 1.d) [1].

In dieser Arbeit wird die Frage thematisiert welche technische Hintergründe die Interaktionskomponenten des QR Codes haben und warum. In [2] wurden sechs Interaktionskomponenten genannt, die ursprünglich in [3] definiert wurden. Diese sind Kontrolle, Reaktionsfreudigkeit, Echtzeit-Interaktion, Verbundenheit, Personalisierung und Verspieltheit. Um die gestellte Frage zu beantworten wird kurz der Hintergrund von QR Codes erläutert, damit eine grobe Vorstellung des Ursprungs von QR Codes entsteht. Daraufhin werden die sechs Interaktionskomponenten erklärt, auf die Bezug genommen wird. Im Anschluss werden die vier technische



Fig. 1. Disney Werbekampagne bei der Ikebukuro Station in Japan. Nasen und Augen von Disney Charakteren wurden in QR Codes eingebunden [1].

Hintergründe erläutert und den passenden Interaktionskomponenten zugeordnet. Die erste technische Gegebenheit ist der Aufbau des Codes, der mit den Funktionsmuster und der Ruhezone einen Wiedererkennungswert anbietet und mit der Encoding-Region die Kuriosität des Betrachters anstößt. Diese tragen der Reaktionsfreudigkeit und der Verspieltheit bei. Als zweite Gegebenheit wird die Kapazität genannt, die dem Anwender ermöglicht personalisierte Information zu übermitteln. Sie wird der Personalisierung, der Verspieltheit und der Verbundenheit zugeordnet. Die dritte Gegebenheit ist die hohe Fehlertoleranz. Diese erlaubt es den Code zu gestalten indem man ihn beschädigt. Dadurch trägt sie zur Personalisierung und Verspieltheit des Codes bei. Als letzte Gegebenheit wird die Möglichkeit der Bildanalyse des Codes genannt, wodurch jede Kamera in einem Smartphone den Code ohne Verzögerung decodieren kann. Diese weist damit Echtzeit-Interaktion und Kontrolle auf. In dieser Arbeit wird, wenn nicht anders genannt, die Standard-Variante des QR Codes der Version 2 betrachtet.

## II. HINTERGRUND DES QR CODES

Der QR (Quick Response) Code wurde 1994 in Japan von dem Unternehmen Denso Wave entwickelt. Es handelt sich dabei um einen zwei dimensionales Symbol, welches decodiert werden kann um Informationen heraus zu lesen (siehe Fig. 2) [4]. Die Motivation hinter der Entwicklung waren ein besseres Datenvolumen und Datendichte als die bisherigen Strich-Barcodes. Man wollte damit Kanji Zeichen unterstützen können und gleichzeitig weiterhin eine schnelle Auswertung



Fig. 2. Vereinfachte Darstellung einer QR Anwendung [5].

gewährleisten. Der signifikanteste erste Barcode wurde 1970 von IBM entwickelt (UPC Code) und konnte eine 13-stellige Nummer speichern. Es folgten Weiterentwicklungen, wie der Code 49 der in den 80ern entwickelt wurde und eine 100-stellige Zeichenkette speicherte. Das eindimensionale Erscheinungsbild änderte sich von einer Reihe von linearen Elementen, zu mehrstufigen Darstellungen solcher Reihen, blieben aber weiterhin eindimensional. Bis zu dieser Zeit wurden Barcodes hauptsächlich im Einzelhandel verwendet. Der QR Code war der erste Code mit einer 2D Matrixdarstellung, konnte bis zu 7000 Zeichen speichern und war zudem kompakter als die älteren [4].

### III. DIE INTERAKTIONSKOMPONENTEN

Die sechs Interaktionskomponenten einer Interaktion auf die in dieser Arbeit Bezug genommen wird, sind in [3] definiert.

- **Kontrolle:** Der Nutzer hat die freie Wahl sich die Zeit und Inhalt auszusuchen in der bzw. mit der er interagieren möchte.
- **Reaktionsfreudigkeit:** Gibt dem Nutzer einen Bezug auf frühere gegebene Informationen, die aus vergangenen Interaktionen stammen.
- **Echtzeit-Interaktion:** Ist definiert durch die Geschwindigkeit einer Interaktion und deren Feedback.
- **Verbundenheit:** Das Interaktionselement hat eine Verbindung zu einer Welt außerhalb dessen Kontexts.
- **Personalisierung:** Die Fähigkeit eine individuelle Information oder eine Erfahrung auszutauschen.
- **Verspieltheit:** Der Unterhaltungswert der Interaktion.

### IV. DIE VIER TECHNISCHE HINTERGRÜNDE

Die Interaktionskomponenten besitzen vier technische Hintergründe, die erklären woraus sich die Interaktionskomponenten ergeben. In den folgenden Abschnitten werden der Aufbau, die Kapazität, die Fehlertoleranz und die Bildanalyse dafür genannt.

#### A. Aufbau

Der Aufbau ist hinsichtlich der Interaktivität verantwortlich für ein wiedererkennbares Aussehen und weckt im Nutzer eine Kuriosität. Der Wiedererkennungswert trägt zur Reaktionsfreudigkeit gegenüber des QR Codes bei, denn ein Nutzer hat nach seiner letzten Interaktion mit einem QR Code in Erfahrung gebracht wie dieser aussieht. Findet er einen QR Code wieder, weiß er wie man damit interagiert und dass er eine potentielle nützliche Information bekommen kann. Die Kuriosität trägt der Verspieltheit bei. Der Nutzer wundert

sich was sich hinter dem QR Code verbirgt, wodurch ein Unterhaltungswert entsteht. So soll das Bild aus Fig. 3 den Betrachter dazu verleiten den QR Code zu erkennen und mit einer Scanner-App zu erfahren wie das Bild entstand, indem ein Link zum Entstehungsvideo in der App angezeigt wird. Der Wiedererkennungswert und die Kuriosität können sich aus technischer Sicht erklären lassen.



Fig. 3. Ein Kommunikationsdesign-Projekt in dem ein QR Code versteckt wurde. Im Betrachter soll Kuriosität geweckt werden, die auffordert hinter den QR Code zu schauen [6].

Der QR Code ist mit Modulen aufgebaut. Sie sind die kleinsten geometrischen Einheiten. Man kann sie auch bildhafter als Kacheln beschreiben. Grundsätzlich besteht ein QR Code aus Funktionsmuster, einer Encoding-Region und einer Ruhezone (siehe Fig. 4). Die Funktionsmuster und die Ruhezone müssen immer vorhanden sein, denn sie dienen zur Identifizierung des Codes durch einen Scanner [5]. Aufgrund der Notwendigkeit dieser zwei Elemente tragen sie besonders dem Wiedererkennungswert bei, da diese immer vorhanden sind. Von den Funktionsmuster tragen besonders die Findungsmuster, die Trennlinie, die Ruhezone und die Ausrichtungsmuster dazu bei. Die Findungsmuster sind in Form von drei Quadraten in drei Ecken des Codes dargestellt und bestehen aus einem 7 x 7 Modul mit 1:1:3:1:1 Modulbreite. Die Findungsmuster dienen dazu den Code richtig zu orientieren und ermöglicht somit das Scannen in 360 Grad. Diese Quadrate sind leicht zu finden, da es unwahrscheinlich ist das diese in der Encoding-Region vorkommen. Das 1:1:3:1:1 Verhältnis der Quadrate basiert auf eine Recherche von Denso Wave, in der schwarz-weiß Muster in Flyern, Magazinen, Cartoons und Bilder analysiert wurden. Dabei hat sich herausgestellt das dieses Verhältnis am wenigsten vorkommt und damit mögliche Störfaktoren in der Umgebung des Codes am geringsten sind [7]. Die Trennlinie, die aus einem ein Modul breiten Linie besteht, hebt diese Quadrate mit einem Kontrast visuell hervor und erlaubt dadurch eine bessere Identifizierung durch einen Scanner [5]. Die Ruhezone, die vier Module breit sein muss und keine Daten enthält, dient dazu verfälschte Interpretationen zu vermeiden [5]. Das Ausrichtungsmuster, welches ab Version 2 des QR Codes vorkommen muss und je nach Version auch vermehrt vorkommen kann, hat eine breite von vier Modulen,

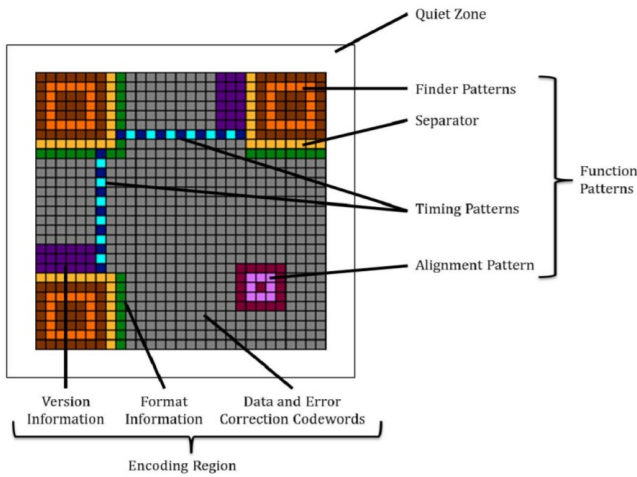


Fig. 4. Aufbau eines QR Codes [5].

ein Breitenverhältnis von 1:1:1:1 und dient dazu den Code bei Verzerrung zu korrigieren [8]. Die anderen Muster tragen nicht zur Wiedererkennung bei, da diese im Encoding-Bereich liegen. Dieser ist jedes Mal anders und kann daher nicht wiedererkannt werden, löst im Nutzer jedoch dadurch eine Kuriosität aus, weil die Information anders als bei der letzten Interaktion ist und potentiell nützlich sein kann.

### B. Kapazität

QR Codes können individuelle Informationen speichern und wiedergeben. Dies trägt zur Verspieltheit und der Personalisierung bei. QR Codes können einem Nutzer Informationen in Form einer Zahl oder Zeichenkette wiedergeben. In einem einfachen Beispiel kann das für einen Verbraucher eine URL zu einer Webseite sein, die in einer Scanner-App auf einem Smartphone angezeigt wird. In einem komplexeren Beispiel kann für einen Arzt in einem Programm die Informationen eines Patienten angezeigt werden, die über eine ID in Form eines gescannten QR Codes zugeordnet wird. Aus den letzten zwei Szenarios geht eine Verbundenheit des QR Codes hervor. Eine umfangreiche Liste mit Anwendungen findet sich auf [9]. Ein QR Code der Version 2 kann bei dem Daten-Korrektur-Level L bis zu 47 Alphanumerische Zeichen oder 77 numerische Zeichen speichern und hat eine Größe von 25x25 Modulen (siehe Tabelle I). Mit der Version 40 ist es allerdings

TABLE I  
KAPAZITÄTSINFORMATIONEN ZUM QR CODE DER VERSION 2 [10]

Version	Modules	ECC <sup>1</sup> Level	Numerisch	Alphanumerisch
2	25x25	L	77	47
		M	63	38
		Q	48	29
		H	34	20

<sup>1</sup>ECC = Error Checking and Correction

auch möglich bis zu 7.089 numerische Zeichen zu speichern. Die Größe steigt damit jedoch auf 177x177 Module [10].

### C. Fehlertoleranz

QR Codes bieten die Möglichkeit gestaltet zu werden. Dies trägt zur den Interaktionskomponenten Personalisierung und Verspieltheit bei. Die Gestaltung ist möglich aufgrund der Fehlertoleranz des Codes. Dabei wird der Code absichtlich beschädigt, kann jedoch aufgrund der Fehlertoleranz trotzdem gelesen werden. Eigentlich ist diese Eigenschaft dazu gedacht das der QR Code bei versehentlichen Verschmutzungen oder Rissen immer noch gelesen werden kann. Es haben sich aber Anwender gefunden die dadurch Bilder in den Code legen oder den QR Code grundsätzlich anders gestalten. Die Fehlertoleranzen ermöglichen es gestaltete QR Codes wie in Fig. 7 zu erstellen, die durch das eingelegte Bild und die Abweichungen zu den gewohnten QR Codes personalisiert und verspielt sind. Wie ist dies möglich?

Der QR besteht aus mehreren Codewörtern, die auf der Encoding-Region liegen (siehe Fig. 5). Ein Codewort besteht aus 8 Bit, wobei 1 Bit von einem Modul repräsentiert wird (weiß oder schwarz). Für die Fehlerkorrektur ist der Reed-Solomon-Code verantwortlich. Die Fehlerkorrekturlevel sind L (ca. 7%), M (ca. 15%), Q (ca. 25%), und H (ca. 30%), welche, abhängig von dem zugeordneten Prozentwert, fehlerhafte Codewörter wiedererlangen können [11]. Dabei gibt es zwei Fehlerarten: nicht gelesene Codewörter und fehlerhafte Codewörter. In der Version 2 gibt es insgesamt 44

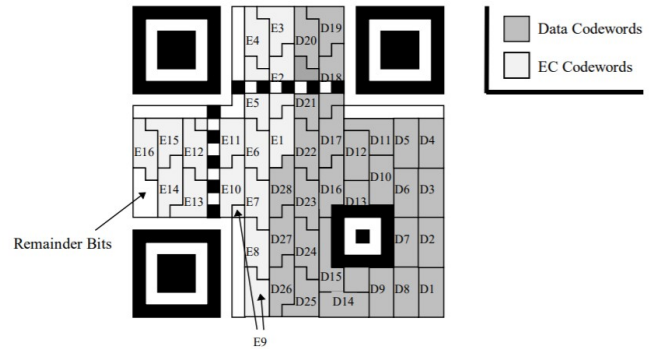


Fig. 5. Layout der Codewörter in einem QR Code der Version 2 [12].

Codewörter, die je nach Korrekturlevel eine unterschiedliche Anzahl von fehlerhaften Codewörtern wiederherstellen können (siehe Tabelle aus [12]). Mit dem Prozentsatz steigt auch die Zahl der notwendigen Fehlerkorrektur-Codewörter, was der Grund für die verringerte mögliche speicherbare Datenmenge ist.

Der Reed-Solomon-Code wird im Allgemeinen in der digitalen Signalverarbeitung und der Datenspeicherung verwendet. Bei dem QR Code wird er beim Encodieren bzw. Decodieren des Codes benutzt, um mögliches Rauschen zu korrigieren, welches zu Fehlern führen kann [11].

Codewörter werden in Blöcke aufgeteilt mit den dazu gehörigen Fehlerkorrekturwörtern, die hinten angehängt werden. Im Fall der Version 2 ist das ein Block bei der Version 5 sind das vier Blöcke. Die Inhalte der Blöcke werden alternierend auf die Encoding-Region verteilt. D.h. es werden



zuerst die Blöcke durchlaufen und danach die Codewörter bzw. die Fehlerkorrekturwörter. Braucht man nicht alle Codewörter werden trotzdem welche erzeugt. Diese besitzen keine relevanten Informationen. Wir nennen diese Padding-Region. Gelesen wird wie die Codeblöcke gesetzt werden, anfangend unten rechts und dann alternierend nach oben bzw. nach unten [12].

Das resultierende Layout der Codewörter wird im Anschluss maskiert. Das hat den Grund das man zum Beispiel das Bit-Muster 1011101 vermeiden will, welches das des Findungsmusters ist. Es gibt mehrere Maskierungsmuster, die zur Auswahl stehen. Versucht man gerade nicht ein Bild in den QR Code zu integrieren, wendet man alle Masken mit einem XOR Operator auf das vorhandene Layout an. Das Ergebnis, welches den besten Evaluationswert ergibt wird genommen (siehe Fig. 6) [12].

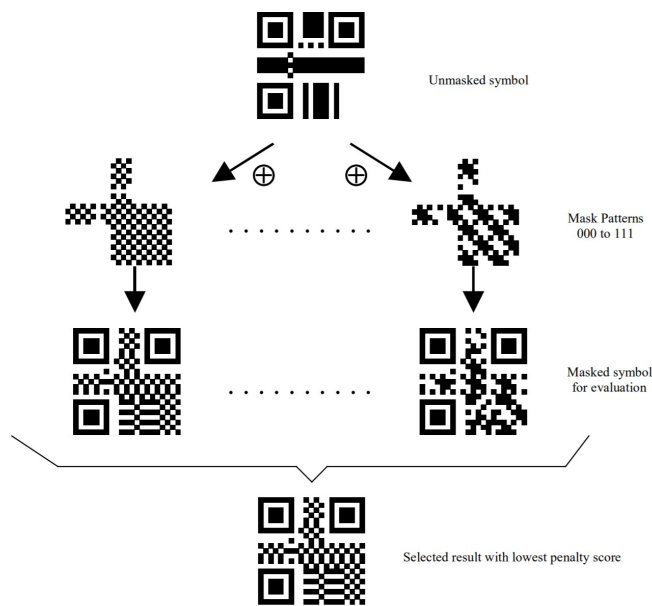


Fig. 6. Maskierung der Codewörter [12].

Möchte man ein Bild in ein QR Code integrieren so ist das bestmögliche Ergebnis also abhängig von:

- Anzahl von Codewörtern die man verändern kann.
- QR Code Version, die mit höherer Versionszahl mehr fehlerhafte Codewörter zulässt und die Blockgröße und Blockanzahl ändert.
- Größe der Nachricht, die man codieren will.
- Maskierung, die die Module von schwarz auf weiß oder umgekehrt abändert.
- Größe der gewünschten beizubehaltenden Fehlertoleranz.

Es ist also ein Optimierungsproblem nach dem besten visuellen Ergebnis, das je nach Art der verwendeten Methode zur Integration eines Bildes in ein QR Code anders definiert sein kann. Es gibt mehrere Möglichkeiten wie man ein Bild in ein QR Code einsetzen kann. Eine der einfachsten ist es, das Bild auf die Padding-Region der Codewörter zulegen, ohne Bearbeitung des Codes. Oder das Bild einfach, ohne



Fig. 7. Beispiele komplexerer Methoden zur Integration eines Bildes in ein QR Code [13].

jegliche Rücksicht der Relevanz der Code-Regionen, in die Mitte zu setzen und die Fehlerkorrektur des Codes wirken zu lassen. Komplexe Varianten versuchen die Code-Eigenschaften zu nutzen und diese zu manipulieren. So wird versucht die Module mit den Bilddaten zu verschmelzen, Padding-Regionen und Fehlerkorrekturwörter-Regionen mit Bilddaten auszutauschen, das Bild als Hintergrundbild einzufügen oder Module in kleinere Grauwert-Regionen aufzuteilen, die später aber als einzelnes Modul gelesen werden. Diese Techniken lassen sich in Hinblick auf die essentiellen Merkmale eines Bildes optimieren, indem versucht wird möglichst die wichtigen Stellen des Bildes klar darzustellen [14]. In Fig. 7 sind Beispiele solcher komplexerer Methoden zu sehen.

#### D. Bildanalyse

Ein ausschlaggebender Aspekt der Verbreitung des QR Codes war die Einführung von Smartphones [7]. Diese sind mit Kameras ausgestattet. Somit hatte jeder Verbraucher die Möglichkeit QR Codes zu scannen. Durch diesen Umstand entstanden immer mehr QR Code Marketingkampagnen, wodurch sich die Wahrnehmung von QR Codes in den letzten Jahren exponentiell gesteigert hat. Nach einer Statistik von ScanLife wurden im ersten Viertel des Jahres 2015, 23 Millionen QR Codes gescannt [5]. Das Scannen mit der Kamera benötigt eine Bildanalyse des Codes, die das Interpretieren des Codes überhaupt möglich macht. Durch das Smartphone kann ein QR Code jederzeit gescannt werden was zur Interaktionskomponente Kontrolle beiträgt. Eine der Merkmale des QR Codes ist es, dass er schnell gelesen werden kann, selbst wenn der Code verzehrt, anders rotiert oder anders koloriert ist [4]. Das Lesen, selbst bei einem rotierten, verzehrten oder anders kolorierten QR Symbol, trägt maßgeblich der Echtzeit-Interaktion bei. So ist es mit der Bildanalyse möglich, Bilder wie in Fig. 8 zu scannen. Wie es technisch möglich ist den Code mit einer Kamera zu lesen, selbst bei Verzerrung, Rotation oder Farbgestaltung des Codes, kann technisch erklärt werden.

Die Bildanalyse extrahiert aus dem genommenen Bild ein Graustufenbild, welches dann mit der NitBlack Methode in eine Binär-Datei umgewandelt wird [16]. Somit ist es möglich auch bunt gefärbte QR Codes zu lesen. Die Lokalisation des QR Codes geschieht durch die Findungsmuster, wodurch die Längen der Encoding-Region gefunden werden können (Fig. 9.a). Gefunden können die Findungsmuster indem man mehrere Scanlinien durch den Mittelpunkt durchlaufen lässt (Fig. 9.b). Die Rotation des Musters ist dabei egal (Fig. 9.c). Das Breitenverhältnis der Module ist immer 1:1:3:1:1 (Fig. 9.d) [17].

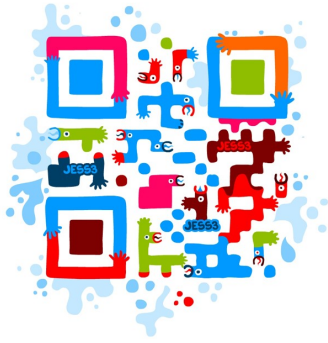


Fig. 8. Ein funktionierender QR Code (Version 1), trotz starker Veränderung in der Gestaltung [15].

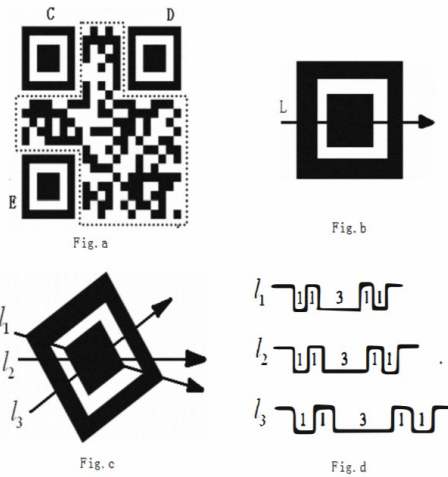


Fig. 9. Bestimmung der Findungsmuster. Längen der Encoding-Region (a), einzelne Scanlinie durch ein Findungsmuster, mehrere Scanlinien durch ein rotiertes Findungsmuster und Breitenverhältnisse verschiedener Scanlinien (d) [15].

Nachdem die Positionen der Findungsmuster bestimmt wurden, muss der QR Code rotiert werden. Dies geschieht indem man ein Dreieck mit den Findungsmuster bildet (siehe Fig. 10). Aufgrund der QR Code Spezifikation ist das Findungsmuster mit dem größten Winkel immer das, welches oben links liegt. Mit der Winkelbeziehung der Winkel des Dreiecks lässt sich nun der Winkel vom oberen linken Findungsmuster, zu der anliegenden horizontalen Linie finden. Der QR Code wird nun so rotiert das die Findungsmuster oben links, unten links und oben rechts liegen [17].

Nachdem das Bild rotiert wurde, wird mit bilinearer Transformation ein verzerrtes Bild (Fig. 11.b) korrigiert (Fig. 11.c), die auf jeder Koordinate eine geometrische Funktion durchführt. Die Berechnungen der bilinearen Transformationen liefern jedoch Fließpunktzahlen auf einer nicht quantisierten Ebene, die das Originalbild (Fig. 11.a) nicht gut repräsentieren. Es besteht vermehrt aus weißen Flächen. Deswegen wird zusätzlich eine bilineare Interpolation durchgeführt, um eine rasterisierte Darstellung zu bekommen. Das quantisierte Resultat kann wie in Fig. 11.d aussehen [17].

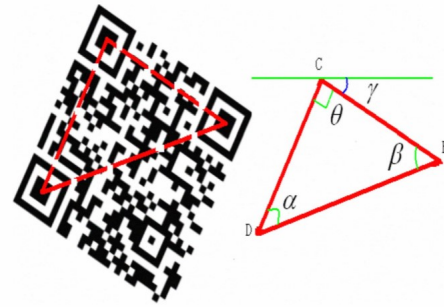


Fig. 10. Bestimmung des Dreiecks, welches durch die Findungsmuster verläuft, und dessen Winkel [15].

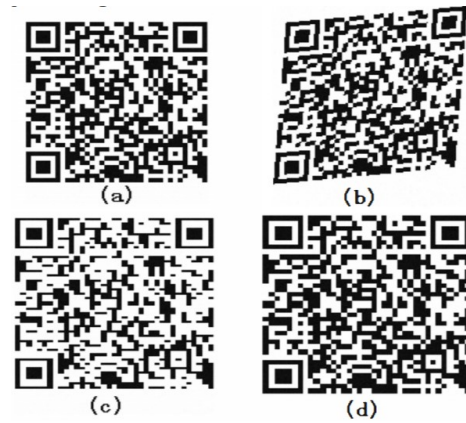


Fig. 11. Entzerrung eines QR Codes. Originalbild (a), verzerrte Aufnahme (b), Resultat nach der bilinearen Transformation (c) und Endergebnis nach der bilinearen Interpolation (d) [15].

## V. FAZIT

QR Codes werden auch in der Zukunft fester Bestandteil der Wirtschaft sein. Die Ausbreitung und Anwendungsmöglichkeiten sind immens. Dies liegt unter anderem an der gestalterischen Möglichkeit des QR Codes, wie mit dem Aspekt der Fehlertoleranz gezeigt wurde, wodurch der QR Code der Verspieltheit und der Personalisierung zugeordnet werden kann. Der Wiedererkennungswert und die Kuriosität, wichtige Gründe für die Verwendung in Projekten, wurde mit dem Aspekt des Aufbaus erklärt und sind Teil von Reaktionsfreudigkeit bzw. Verspieltheit. Der individuelle Informationsaustausch ist außerdem dank der Kapazität, ausreichend für jegliche Personalisierung oder Verspieltheit und kann außerdem eine Verbundenheit vorweisen. Und schlussendlich bietet die Möglichkeit der robusten und schnellen Bildanalyse die Basis für das Scannen mit einem Smartphone, wodurch die Interaktionskomponenten Echtzeit-Interaktion und Kontrolle vorhanden sind. Diese vier technischen Gegebenheiten sind also die Hintergründe von Reaktionsfreudigkeit, Echtzeit-Interaktion, Verbundenheit, Personalisierung, Verspieltheit und Kontrolle, die in [2] als Komponenten von Interaktivität genannt wurden.

Das Interaktionsvermögen in Hinsicht auf Personalisierung und Verspieltheit beweist auch die Entwicklung des FrameQR Codes von Denso Wave. FrameQR geht dem Trend nach QR Codes zu gestallten und bietet neue Spezifikationen, deren Ziele es sind, ein QR Code zu erstellen, das ein Bild in sich trägt [18]. Es entwickeln sich also nicht nur Marketing-Projekte, die den Code gestalterisch nutzen. Mit FrameQR wurde ein eigener gestalterischer QR Code entwickelt, mit wirtschaftlichen Zielen und Nutzen. Mit gestalterischen QR Codes, wie dem FrameQR, kann somit kommuniziert oder angedeutet werden, was der QR Code verbirgt oder bedeutet. Der FrameQR Code kann zum Beispiel auf einer Visitenkarte mit dem Firmenlogo innerhalb des Codes abgedruckt sein. Der Nutzer weis infolgedessen, dass er Informationen bezüglich des Unternehmens durch den FrameQR Code erhält [18].

Wie in [2] genannt bieten QR Codes allerdings auch Limitationen in der Interaktion. So ist bei einem Scan eines QR Codes mit einem Smartphone, die Interaktionen nach dem Anzeigen einer URL zu Ende und der Nutzer wird aufgefordert in eine andere Umgebung zu gehen. In diesem Beispiel der Browser, mit der man die URL öffnen kann. Der QR Code spricht nicht zum Nutzer direkt, es muss eine weitere Aktion vom Nutzer vollzogen werden, um an den Inhalt zu kommen. Außerdem haben stark gestaltete QR Codes eine geringere Fehlertoleranz als normalerweise, da die Fehlertoleranz für die Gestaltung genutzt wurde. Somit kann es sein das der Nutzer den QR Code je nach Entfernung, Blickwinkel oder Verschmutzung des Symbols nicht scannen kann.

## REFERENCES

- [1] Cliffano Subagio. Qr code usage in japan. <https://blog.cliffano.com/2009/05/18/qr-code-usage-in-japan>, 2009. Accessed: 2020-05-20.
- [2] Dong-Hee Shin, Jaemin Jung, and Byeng-Hee Chang. The psychology behind qr codes: User experience perspective. *Computers in Human Behavior*, 28(4):1417–1426, 2012.
- [3] Ruby Roy Dholakia, Miao Zhao, Nikhilesh Dholakia, and David R Fortin. Interactivity and revisits to websites: A theoretical framework. *Retrieved June*, 17:2002, 2000.
- [4] Tan Jin Soon. Qr code. *Synthesis Journal*, 2008:59–78, 2008.
- [5] Sumit Tiwari. An introduction to qr code technology. In *2016 International Conference on Information Technology (ICIT)*, pages 39–44. IEEE, 2016.
- [6] Yiyang Lu. Creating digital art: Beautiful traps qr code art project. <http://www.yiyanglu.com/?portfolio=creating-digital-art-beautiful-traps-qr-code-art-project>. Accessed: 2020-05-20.
- [7] Denso Wave. History of qr code. <https://www.qrcode.com/en/history>. Accessed: 2020-05-20.
- [8] Yi-Shan Lin, Sheng-Jie Luo, and Bing-Yu Chen. Artistic qr code embellishment. In *Computer Graphics Forum*, volume 32, pages 137–146. Wiley Online Library, 2013.
- [9] Denso Wave. Application scenes. <https://www.denso-wave.com/en/adcd/katsuyou>. Accessed: 2020-05-20.
- [10] Denso Wave. Information capacity and versions of the qr code. <https://www.qrcode.com/en/about/version.html>. Accessed: 2020-05-20.
- [11] Yu-Hsun Lin, Yu-Pei Chang, and Ja-Ling Wu. Appearance-based qr code beautifier. *IEEE Transactions on Multimedia*, 15(8):2198–2207, 2013.
- [12] ISO/IEC. Information technology — automatic identification and data capture techniques — bar code symbology — qr code, 2000.
- [13] Shih-Syun Lin, Min-Chun Hu, Chien-Han Lee, and Tong-Yee Lee. Efficient qr code beautification with high quality visual content. *IEEE Transactions on Multimedia*, 17(9):1515–1524, 2015.
- [14] Li Li, Jinxia Qiu, Jianfeng Lu, and Chin-Chen Chang. An aesthetic qr code solution based on error correction mechanism. *Journal of Systems and Software*, 116:85–94, 2016.
- [15] Jesse Thomas. Qr code art. <https://jess3.com/projects/qr-code-art>. Accessed: 2020-05-20.
- [16] Yunhua Gu and Weixiang Zhang. Qr code recognition based on image processing. In *International Conference on Information Science and Technology*, pages 733–736. IEEE, 2011.
- [17] Zhao-lai Liao, Ting-lei Huang, Rui Wang, and Xiao-yan Zhou. A method of image analysis for qr code recognition. In *2010 International Conference on Intelligent Computing and Integrated Systems*, pages 250–253. IEEE, 2010.
- [18] Denso Wave. Frameqr. <https://www.denso-wave.com/en/system/qr/product/frame.html>. Accessed: 2020-05-20.