

QR-Code - Schriftliche Unterrichtsvorbereitung

Reto Schwander

Salome Vogelsang

21. Januar 2022

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Bild der Lerngruppe | 2 |
| 2 | Sachanalyse: QR-Codes | 2 |
| 2.1 | Einbettung des Themas | 2 |
| 2.2 | Theoretische Grundlagen | 2 |
| 3 | Lernziele | 3 |
| 3.1 | Leitidee | 3 |
| 3.2 | Dispositionsziel | 3 |
| 3.3 | Operationalisierte Lernziele | 4 |
| 4 | Didaktisch-methodische Überlegungen | 4 |
| 4.1 | Begründung des didaktischen Ablaufs | 4 |
| 4.2 | Begründung des methodischen Vorgehens | 4 |
| 5 | Geplanter Unterrichtsverlauf | 4 |
| 6 | QR-Code: Skript für den Unterricht | 5 |
| 6.1 | Geschichtlicher Hintergrund | 5 |
| 6.2 | Entwicklung eines 2D-Codes | 6 |
| 6.3 | QR-Codes | 11 |
| 6.4 | Lösungen | 20 |
| A | Kopiervorlage: 8x8-Raster zum Ausschneiden | 23 |

1 Bild der Lerngruppe

Die Schülerinnen und Schüler sind im ersten oder zweiten Gymnasium und besuchen das obligatorische Fach Informatik. Sie haben alle ein stiftfähiges Gerät für den Unterricht und können dieses auch gut bedienen. Die Lerneinheit ist Teil des Themas „Digitale Darstellungsformen“. Die Schülerinnen und Schüler haben sich schon mit einigen Inhalten auseinandergesetzt.

Die Schülerinnen und Schüler ...

- ... können Zusammenhänge zwischen Daten, Information und Wissen erläutern.
- ... kennen Bit und Bytes als Informationseinheiten.
- ... können beschreiben, wie Informationen digital repräsentiert werden (Text, Zahlen, Ton, Bild etc.).
- ... kennen erste Beispiele von Prüfziffern (z.B. EAN-Nummern).
- ... kennen den Zaubertrick, mit dem man 1-fehlerkorrigierende Codierungen konstruieren kann.

2 Sachanalyse: QR-Codes

2.1 Einbettung des Themas

Der QR-Code ist spätestens seit der Einführung des Covid-Zertifikats und der QR-Rechnung bei allen Schülerinnen und Schülern bekannt. Damit kann das Interesse geweckt werden und ihnen eine aktuelle Codierung gezeigt werden.

2.2 Theoretische Grundlagen

QR-Codes sind zweidimensionale Codes, welche im Jahr 1994 entwickelt wurden. Dank der Smartphones als Lesegeräte sind sie heute kaum mehr aus dem Alltag wegzudenken. Aufgrund der selbstkorrigierenden Codierung und der Möglichkeit, viele Daten oder mehr als nur alphanumerische Zeichen in einem QR-Code darzustellen, sind QR-Codes weit verbreitet.

QR-Codes enthalten folgende Informationen (vgl. Abb. 1):

- (a) Position, Ausrichtung und Synchronisation: Wie muss der QR-Code ausgelesen werden?
Damit ein QR-Code zweifelsfrei gelesen werden kann, muss unabhängig von der Positionierung des Lesegeräts klar sein, wie der QR-Code gelesen werden muss. Dies geschieht über drei Eckmarkierungen. Grössere QR-Codes enthalten zusätzlich noch weitere Informationen über die Ausrichtung.
- (b) Fehlerkorrekturlevel: Wie viel vom Code kann wiederhergestellt werden?
Die robuste Fehlerkorrektur mithilfe der Reed-Solomon-Codierung lässt eine bis zu 30%-ige Selbstkorrektur zu. Die detaillierte Behandlung der Reed-Solomon-Codierung übersteigt das Ausmass dieser Unterrichtsvorbereitung.

- (c) Maskierung: Welche Maske wurde verwendet?
Um zu erreichen, dass ein QR-Code möglichst wenige zusammenhängende weisse oder schwarze Flächen hat, wird eine Maske über den Rohcode gelegt. Dabei stehen 8 verschiedene Masken zur Verfügung. In der Regel wird diejenige Maske gewählt, die das beste Ergebnis bzw. die kleinste Menge zusammenhängender Flächen bildet.
- (d) Versionsinfo: Welche QR-Code-Version wird verwendet?
Je mehr Daten man in einen QR-Code unterbringen möchte, desto mehr Module werden benötigt. Aufgrund der erforderlichen Positionsmarkierungen ist die kleinstmögliche Anzahl Module ein Quadrat mit der Grösse 21×21 und entspricht der Version 1. Mit jeder Version nimmt die Seitenlänge des Quadrats um vier Module zu. Die derzeit grösste verwendete Version ist 40 mit 177×177 Modulen.
- (e) Daten: Welche Informationen werden mit dem QR-Code dargestellt?
Oft werden als Daten für den Alltagsgebrauch URL's in den QR-Codes dargestellt. Es können aber beliebige Daten (Texte, Codes, etc.) in QR-Codes abgespeichert werden. Je nach Datentyp lassen sich mehr oder weniger Zeichen in einer Version unterbringen.
- (f) Fehlerkorrekturcode: Informationen zur Datenwiederherstellung.
Die Länge des Fehlercodes wird aufgrund des Fehlerkorrekturlevels bestimmt und mit der Reed-Solomon-Codierung berechnet. Je nach Fehlerkorrekturlevel und Version nimmt der Fehlercode zwischen 20% und 66% des zur Verfügung stehenden Platzes ein.

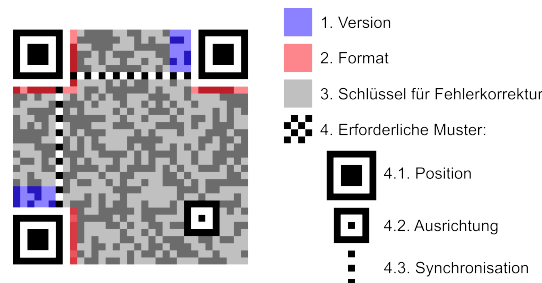


Abbildung 1: QR-Code-Strukturbeispiel.[1]

3 Lernziele

3.1 Leitidee

Angewandte Themen sind im Informatikunterricht oft schwierig darzustellen, da sie einen hohen Grad an Komplexität aufweisen. Der QR-Code bietet eine gute Gelegenheit den Schülerinnen und Schülern eine Anwendung der Codierung aufzuzeigen, welche zu grossen Teilen nachvollziehbar ist.

3.2 Dispositionsziel

In dieser Lerneinheit sollen die Schülerinnen und Schüler anhand der geschichtlichen Entwicklung selbst einen einfachen 2D-Code konstruieren. Dabei können sie die bekann-

ten Konzepte der Codierung vertieft anwenden. Zudem sollen sie die Funktionsweise des QR-Codes kennenlernen. In einem zweiten Schritt werden die Schülerinnen und Schüler unter Anleitung selbst einen QR-Code zeichnen.

3.3 Operationalisierte Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler ...

- ... wissen, was eine 2D-Codierung ist und können eine eigene 2D-Codierung anwenden.
- ... kennen den QR-Code und dessen Anwendungen.
- ... kennen die Elemente eines QR-Codes und wissen, wie dieser aufgebaut ist.

4 Didaktisch-methodische Überlegungen

4.1 Begründung des didaktischen Ablaufs

Im ersten Teil sollen die Schülerinnen und Schüler an das Thema der 2D-Codierungen anhand geschichtlicher Entwicklungen herangeführt werden. Sie sollen dann mit ihnen bekannten Mitteln eine 2D-Codierung entwickeln. So lernen sie die Vorteile und Tücken einer solchen Codierung anhand einfacher Beispiele kennen.

Im zweiten Teil werden sie an den QR-Code herangeführt; als Folge daraus haben sie Kenntnis zum Beispiel über die Gründe für die Notwendigkeit einer Positionsmarkierung erlangt. So können sie verschiedene Elemente der QR-Codierung mit ihrem Vorwissen verknüpfen und besser verstehen.

4.2 Begründung des methodischen Vorgehens

Das Thema soll in Zweiergruppen mithilfe eines Selbstlernskripts erarbeitet werden. So können die Schülerinnen und Schüler individuell in ihrer Geschwindigkeit arbeiten. Je nach Klassenzusammensetzung bietet es sich an, den ersten Teil in einem Klassengespräch zu besprechen, damit alle wieder auf demselben Stand sind und den zweiten Teil angehen können.

Zusätzlich zum digitalen Skript werden lose Raster der Grösse 8x8 benötigt, eine Kopiervorlage befindet sich im Anhang A.

5 Geplanter Unterrichtsverlauf

Zu Beginn des Themas müssen die Schülerinnen und Schüler das Unterrichtsskript mithilfe eines QR-Codes herunterladen und digital abspeichern. Sie sollen das Skript digital bearbeiten.

Für den ersten Teil haben die Schülerinnen und Schüler anderthalb Lektionen Zeit – gefolgt von einer halben Lektion Klassengespräch, in dem die verschiedenen Codes vorgestellt werden.

In den folgenden 2 Lektionen lernen die Schülerinnen und Schüler die Funktionsweise des QR-Codes kennen und zeichnen unter Anleitung selbst einen funktionsfähigen QR-Code.

6 QR-Code: Skript für den Unterricht

Spätestens seit der Einführung des Covid- Zertifikats weiss jeder, was ein QR-Code ist. Doch wie sind diese Codes entstanden? Wieso wurden sie entwickelt und wie funktionieren sie?

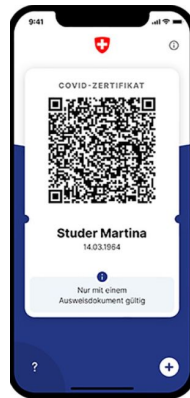


Abbildung 2: Beispiel eines Schweizer Covid- Zertifikats.[2]

6.1 Geschichtlicher Hintergrund

In den 1960er Jahren entstanden mit dem Wirtschaftswachstum viele Supermärkte, die eine breite Palette von Waren anboten. Die Registrierkassen, die damals an den Kassen dieser Geschäfte verwendet wurden, erforderten die manuelle Eingabe des Preises. Viele Kassiererinnen litten deshalb unter Taubheitsgefühlen im Handgelenk und an einem Karpaltunnelsyndrom.

Die Erfindung des Strichcodes bot eine Lösung für dieses Problem und sie verbreiteten sich weltweit. In den 80er Jahren wurde der Barcode nicht nur im Einzelhandel, sondern auch in der Fertigung, im Vertrieb und für die Verwaltung eines Inventars eingesetzt. Mit der zunehmenden Verbreitung von Strichcodes wurden jedoch auch ihre Grenzen deutlich. Die auffälligste war die Tatsache, dass ein Barcode nur etwa 20 alphanumerische Zeichen enthalten kann. Aber auch die kleine Fehlertoleranz war bei der Fertigung von Bauteilen ein Problem, da Lieferscheine oft verschmutzt oder leicht beschädigt ankamen.



Abbildung 3: Barcode



Abbildung 4: QR-Code

1992 wurde Masahiro Hara, der bei Denso mit der Entwicklung von Barcode-Scannern beschäftigt war, gebeten, sich dieses Problems anzunehmen. Dieser sollte sowohl leicht zu lesen sein als auch eine grosse Menge an Informationen speichern. Die zündende Idee war die Entwicklung eines neuen 2D-Codes. Bei 2D-Codes werden die Informationen, im Vergleich zum Barcode, nicht nur quer, sondern in zwei Richtungen kodiert.¹

¹Basierend auf [3], [4], [5]

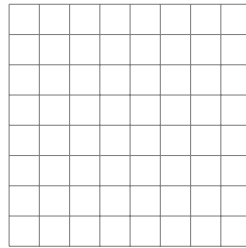
6.2 Entwicklung eines 2D-Codes

Bevor hier einfach die Geschichte erzählt wird, wie der QR-Code (englisch Quick Response, „schnelle Antwort“) entstanden ist und wie er funktioniert, sollen Sie selbst versuchen einen zu entwickeln. Da ein Code immer übermittelt und wieder gelesen werden soll, arbeiten Sie in Zweiergruppen. So können Sie jeweils den Part des Scanners übernehmen.

Aufgabe 1

Kreieren und decodieren Sie Ihren ersten 2D-Code mithilfe der folgenden Schritte.

- Überlegen Sie sich ein Wort mit maximal sechs Buchstaben, halten Sie dieses Wort vor Ihrem Partner geheim. Übersetzen Sie es in eine Bitfolge mithilfe des verlinkten Online-Tools. Das Online-Tool nutzt ASCII und ordnet jedem Buchstaben eine Bitfolge der Länge 8 zu.
- Tragen Sie die Bitfolge nun in das gegebene Raster ein, in dem Sie die Felder für Einsen schwarz einfärben und die Felder für Nullen weiss lassen. Füllen Sie das restliche Raster zufällig mit schwarzen/weissen Feldern.



- Tauschen Sie Ihr Raster mit Ihrem Partner (z.B. via Screenshot) und versuchen Sie das Raster zu decodieren. Sie können im Online-Tool Text und Binär tauschen.

- Diskutieren Sie zu zweit: Sind Probleme aufgetreten? Was würden Sie das nächste Mal anders machen? Protokollieren Sie die Inhalte Ihrer Diskussion stichwortartig.

Die Übertragung hat vermutlich noch nicht optimal funktioniert. Als Nächstes sollen die aufgetretenen Probleme gelöst werden.

Aufgabe 2

Ohne Absprache ist nicht klar, wie der Code eingetragen wurde und wo der Code endet. Sie müssen also vor der Übertragung, vereinbaren, wie dieser eingetragen wird und ein Stoppsymbol vereinbaren.

- (a) Vereinbaren Sie, wie der Code eingetragen werden soll und was ihr Stoppsymbol ist.

- (b) Tragen Sie ein neues Wort mit maximal 6 Buchstaben in ein neues Raster ein. Nutzen Sie dazu das ausgeschnittene Zusatzraster.

- (c) Übergeben Sie das Raster nun Ihrem Partner. Fällt Ihnen etwas auf?

- (d) Haben Sie eine Idee, wie Sie dieses Problem lösen können?

Bestimmt ist Ihnen aufgefallen, dass ein Kennzeichen in einer Ecke das Problem lösen würde. Doch wie muss dieses Kennzeichen aussehen, damit es vom Inhalt der Nachricht unterschieden werden kann?

Die Entwickler des QR-Codes haben auf der Suche nach dem passenden Muster unzählige Druckerzeugnisse untersucht und kamen schliesslich auf das am wenigsten genutzte Verhältnis von schwarzen und weissen Flächen auf Drucksachen. Dieses Verhältnis war 1:1:3:1:1. Auf diese Weise wurden die Breiten der schwarzen und weissen Flächen in den Positionserkennungsmustern festgelegt. Auf diese Weise wurde eine Vorrichtung geschaffen, mit der die Ausrichtung ihres Codes, unabhängig vom Winkel der Abtastung, der ein beliebiger Winkel von 360° sein kann, durch die Suche nach diesem einzigartigen Verhältnis bestimmt werden konnte.²

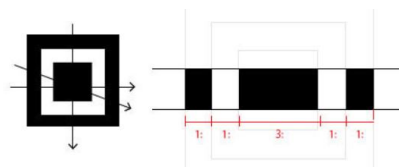


Abbildung 5: Positionsmuster [5]

²Basierend auf [5]

Aufgabe 3

Sie haben vermutlich ein Stoppsymbol vereinbart, welches nicht aus Buchstaben oder Zahlen besteht, wie ! , ... Nun kann es aber sein, dass diese Symbole in unserer Codierung nicht zur Verfügung stehen oder dass diese Symbole im zu codierenden Text vorkommen.

- (a) Wie könnte man nur mit Buchstaben ein Stoppsymbol vereinbaren?

- (b) Wie würde man vorgehen, wenn nur Zahlen zur Verfügung stünden?

- (c) Anstatt ein Stoppsymbol wollen wir eine Codierung verwenden, bei der das Ende ohne Symbol klar wird. Dazu gibt man am Anfang des Textes die Anzahl der Buchstaben des folgenden Textes an. Diese Anzahl codiert man wie folgt. Man nimmt dazu die binäre Darstellung der Zahl und bildet jede 0 auf 00 und jede 1 auf 11 ab und hängt am Ende 01 an. Somit wird die Zahl doppelt so lange.

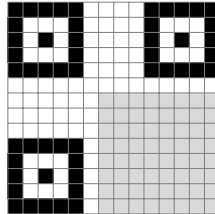
Wie codiert man den Text „Hallo“ mit diesem Verfahren, wenn die Buchstaben wieder mit ASCII in 8 Bit dargestellt werden?

- (d) Decodieren Sie die Sequenz 11000001 01010110 01100101 01101100 01101111 01100110 01100011, welche mit dem beschriebenen Verfahren codiert wurde.

- (e) * Überlegen Sie sich, wie man die Anzahl der Buchstaben des Textes codieren könnte, so dass diese nicht doppelt so viele Bits benötigt.

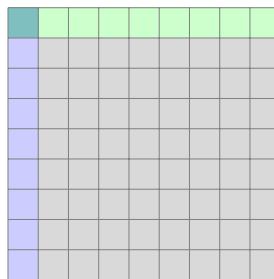
Aufgabe 4

Ab jetzt nutzen wir auch Positionsmarkierungen und die in Aufgabe 3 entwickelte Codierung. Unsere Positionsmarkierungen sind im Vergleich zum QR-Code etwas kleiner. Ins graue Feld zeichnen wir die Nachricht, beginnend in der linken oberen Ecke des grauen Feldes zeilenweise von links nach rechts, ein.



- (a) Wie viele Datenbits können wir mit diesem Raster verschicken? Wie viele Buchstaben (mit ASCII, 8-Bit-codiert und um Textlänge ergänzt, vgl. Aufgabe 3) können wir mit diesem Raster verschicken?

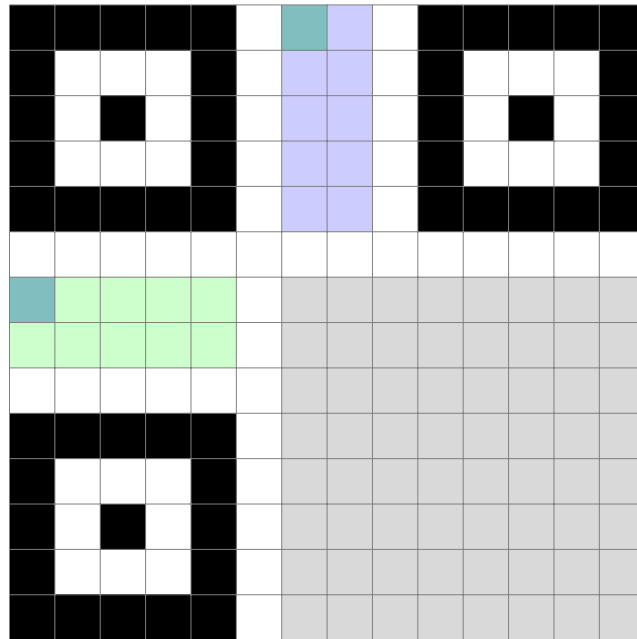
- (b) Fügen Sie in die graue Fläche ihren Namen (Spitznamen) ein. Codieren Sie diesen wie in Aufgabe 3. Sie benötigen kein Stoppsymbol mehr, da mit der Codierung eindeutig klar wird, wo der Text endet.



- (c) Wie könnten wir die leeren Flächen zwischen Positionsmarkierungen nutzen? Diskutieren Sie mit Ihrem Partner.

- (d) Es kann sein, dass beim Übertragen oder Lesen des Codes Fehler entstehen. Wir kennen schon eine 1-fehlerkorrigierende Codierung. Nutzen Sie den Kartentrick aus dem Unterricht, um den Code zu ergänzen. Tragen Sie die passenden Kontrollbits in die grünen resp. blauen Flächen ein. Dabei soll immer eine gerade Anzahl schwarzer Flächen entstehen.

- (e) Übertragen Sie Ihre gesamte Nachricht dann in das Raster mit Positionsmarkierungen auf der nächsten Seite. Machen Sie dabei genau einen Fehler in der grauen Fläche. Die Fehlerkorrektur-Bits werden von den Datenbits getrennt. Fügen Sie die blauen von oben nach unten und die blauen von links nach rechts ein. Es verfügt jeweils über ein Bit zu viel, lassen Sie dieses leer. Teilen Sie Ihr Resultat (via Screenshot) mit Ihrem Partner.



- (f) Können Sie herausfinden, welches Bit Ihr Partner getauscht hat?

Sie haben jetzt ein gutes Verständnis für 2D-Codierungen entwickelt und Sie haben bemerkt, dass es nicht ganz einfach ist, eine Codierung zu kreieren, die eindeutig ist. Natürlich müssen die heutigen QR-Codes noch vielen weiteren Anforderungen genügen. Diese lernen Sie im nächsten Abschnitt kennen.

6.3 QR-Codes

In diesem Abschnitt werden Sie die QR-Codes und deren Funktionsweise detailliert kennenlernen.

Aufgabe 5

Scannen Sie die 4 QR-Codes mit dem Smartphone ein. Was fällt Ihnen auf?

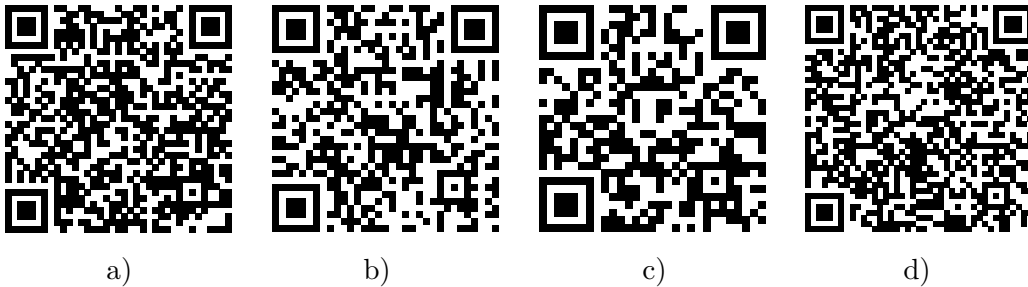


Abbildung 6: *Alles verschieden?*

Aufgabe 6

Wenn Sie die QR-Codes in Abbildung 6 optisch (ohne Gerät) betrachten, welche Gemeinsamkeiten und welche Unterschiede fallen Ihnen auf?

In Aufgabe 5 ist Ihnen sicher aufgefallen, dass die vier QR-Codes alle den gleichen Text enthalten. Ein QR-Code muss nicht zwingend auf eine Internetseite verweisen. Doch warum finden wir nun vier Versionen vor?

Optisch sind sich die vier Codes doch sehr ähnlich. Technisch unterscheiden sie sich aber voneinander, indem sie verschiedene „Fehlerkorrekturlevels“ besitzen. Das Fehlerkorrekturlevel gibt an, wie viele „Kontrollbits“ zusätzlich zur eigentlichen Information im QR-Code vorhanden sind.

Aufgabe 7

Untersuchen Sie die Codes aus Aufgabe 5. Bei welchem der Codes kann man am meisten abdecken/zerstören/..., so dass die im Code enthaltenen Daten weiterhin gelesen werden können? Bei welchem sind es am wenigsten?

Man unterscheidet vier verschiedene Fehlerkorrekturlevel, die mit den Buchstaben L (Low), M (Medium), Q (Quartile) und H (High) abgekürzt werden. In dieser Reihenfolge steigt die Möglichkeit, Daten wiederherzustellen. Während es beim Level L rund 7% sind, werden bei H 30% erreicht. So können die Daten trotz Abdeckung, wie bei Aufgabe

7 beobachtet, weiterhin gelesen werden.

Der Effekt dieser Fehlerkorrektur wird zum Beispiel auch für die Entwicklung von QR-Codes im Bereich Design genutzt. Bei dieser Art von QR-Code wird ein Teil des Musters durch ein Logo oder Schriftzug verdeckt. Trotzdem kann der Code weiterhin gelesen werden (Abb. 7).

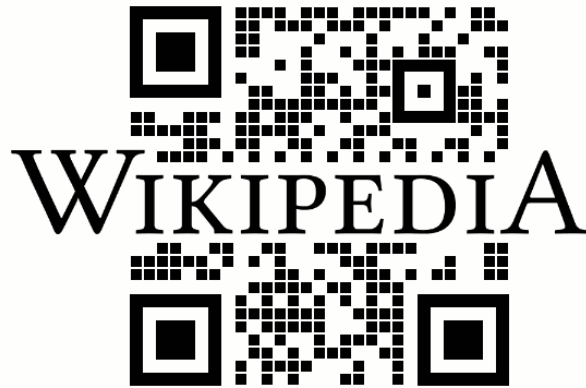


Abbildung 7: *Beispiel eines Design-QR-Codes.*[6]

Nebst der Fehlerkorrektur unterscheiden sich die QR-Codes aus Aufgabe 5 auch noch durch das Format. Dies erkennt man daran, dass es in c) sehr wenige kleine Quadrate gibt und in d) ganz viele. In einem QR-Code wird ein kleines Quadrat, das entweder weiss oder schwarz ist, als `MODUL` bezeichnet. Die QR-Codes in Abbildung 6 unterscheiden sich also auch durch die Anzahl der Module, durch welche sie dargestellt werden.

Aufgabe 8

Versuchen Sie herauszufinden, wie viele Module jeweils in den QR-Codes in Abbildung 6 verwendet wurden.

Klassische QR-Codes werden quadratisch mit einer unterschiedlichen Anzahl Modulen als Seitenlänge dargestellt. Aufgrund der Positionierungsmarkierungen ist die kleinstmögliche Anzahl Module pro Seitenlänge vorgegeben.

Aufgabe 9

Überlegen Sie sich, was die kleinste Anzahl Module sein könnte/sein muss, damit ein sinnvoller Code entsteht.

Sie haben schon gesehen, dass man für die Positionsmarkierungen 7 Module braucht (siehe Abb. 5). Betrachten wir also nur die oberste Zeile, so stellen wir fest, dass es zwei Positionsmarkierungen gibt. Direkt angefügt an die Positionsmarkierung benötigt man ein weisses Modul, damit man den Rand der Markierung deutlich erkennt. Somit sind wir bereits bei $2 \cdot 8 = 16$ Modulen. Nun möchte man natürlich zwischen die Markierungen auch noch Daten einfügen. Dazu benötigt man mindestens ein weiteres Modul. Tatsächlich sind es sogar 5 Module und der kleinstmögliche QR-Code besteht aus 21×21 Modulen. Man spricht dann auch von einem Version 1-QR-Code. Die derzeit grössten QR-Codes bestehen aus 177×177 Modulen und werden als Version 40 bezeichnet (vgl. Abb. 8).

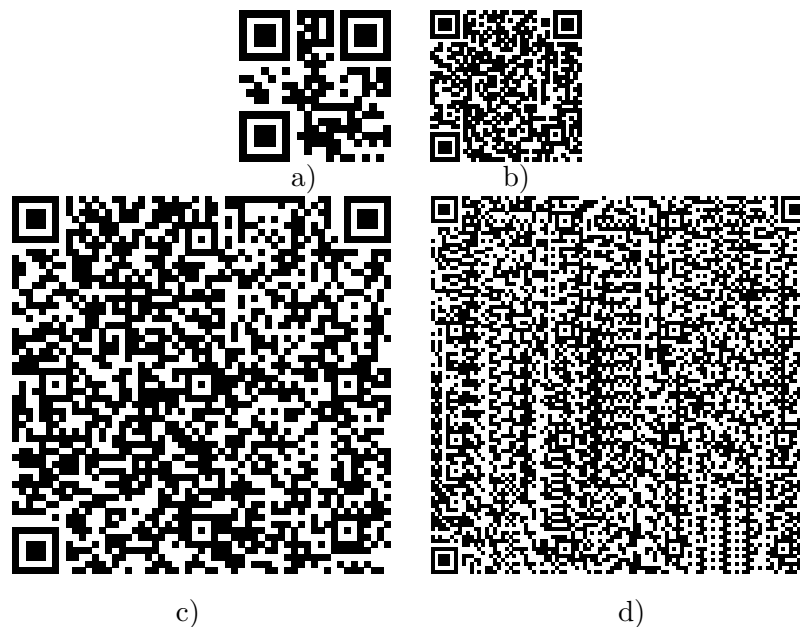


Abbildung 8: Dargestellt sind QR-Codes in a) Version 1, b) Version 5, c) Version 10 und d) Version 20.

Bei grösseren Versionen werden zusätzliche Positionsmarkierungen verwendet. Je mehr Module zur Verfügung stehen, desto mehr Daten können auch in einem QR-Code gespeichert werden.

Wie die Daten in einem QR-Code strukturiert sind, ist in der Abbildung 9 dargestellt. Die Codierung beginnt nicht, wie wir es gewohnt sind, oben links, sondern unten rechts und folgt den eingezeichneten Pfeilen. Im Anschluss an die Nachricht (www.wikipedia.org) folgt noch die Fehlerkorrektur (Blöcke E1 bis E7). Die roten Bereiche enthalten Informationen über das Format des QR-Codes, wie zum Beispiel die Version.

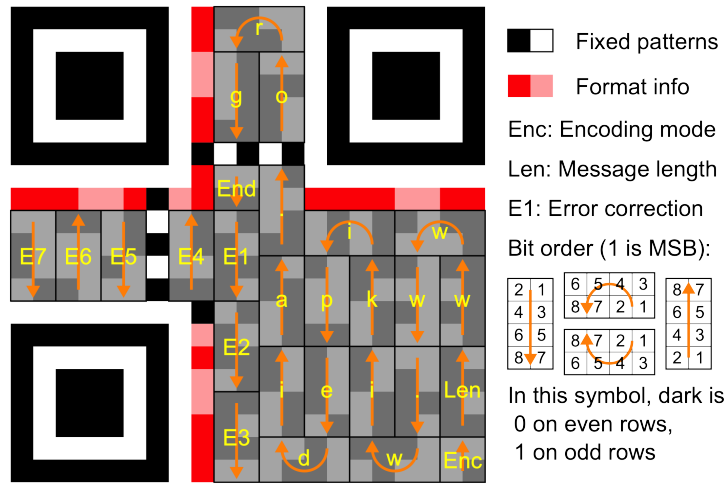


Abbildung 9: Die Struktur eines QR-Codes. Schwarz/weiss gefärbte Bereiche sind fix vorgegeben und können nicht verändert werden. Die roten Bereiche enthalten Informationen über das Format des QR-Codes. Im grauen Bereich sind die Daten codiert. Diese bestehen aus der Nachricht und der Fehlerkorrektur.[7]

Anhand eines Beispiels soll gezeigt werden, wie ein QR-Code entsteht. Wir wollen die Nachricht „Hello World!“ in einem QR-Code Version 1 speichern. Dabei werden folgende Informationen in einem QR-Code abgespeichert:

- Die Identifikationsnummer der Codierung
- Die Anzahl der codierten Zeichen der Nachricht
- Die codierte Zeichenfolge der Nachricht
- Die Endmarkierung
- Füllwörter (falls notwendig)

Aufgabe 10

Wie lautet die 8-Bit-Binärdarstellung für die Nachricht „Hello World!“?

Als erste Information wird die Identifikationsnummer der Codierung eingetragen. Sie besteht aus 4 Bits und gibt an, welcher Datentyp (Zahlen, Buchstaben, etc.) verwendet wird, damit die entsprechende Zeichenkette ausgelesen werden kann. Die folgende Tabelle gibt Auskunft über die verschiedenen Identifikationsnummern³:

³Die Tabelle ist nicht abschliessend, hier werden nur die wichtigsten Datentypen erwähnt.

Tabelle 1: *Identifikationsnummern und ihre Bedeutung.*[8]

| CODE | DATENTYP | ZUSÄTZLICHE INFORMATIONEN |
|------|--|--|
| 0001 | Zahlen | Da ausschliesslich Zahlen verwendet werden, reichen 3 Bits, um die Ziffern 0 bis 9 darzustellen. |
| 0010 | Zahlen, Grossbuchstaben und ein paar Satzzeichen | Jeweils 2 Zeichen werden zusammengefasst und können mit 11 Bits dargestellt werden. Der Zeichensatz genügt, um z.B. Webseiten in einem QR-Code zu speichern. |
| 0100 | Zahlen, Gross- und Kleinbuchstaben und Sonderzeichen | Hier sind alle Zeichen aus der ASCII-Tabelle zulässig und daher wird jedes Zeichen durch 8 Bits dargestellt. |
| 1000 | Kanji-Schriftzeichen | Die zusätzliche Verwendung von den japanischen Schriftzeichen (Kanji) war eine weitere Motivation für die Entwicklung von QR-Codes. Jedes Zeichen wird mit 13 Bit dargestellt. |

In unserem Fall wird 0100 angegeben, was bedeutet, dass wir Buchstaben (gross und klein), Ziffern und Satzzeichen verwendet haben. Je einfacher die Symbole sind, desto mehr können grundsätzlich in einen QR-Code mit fester Grösse gespeichert werden.

Die Anzahl der codierten Zeichen beträgt in unserem Fall 12. Diese Zahl stellen wir ebenfalls binär mit 8 Bit dar, also 00001100.

Die codierte Zeichenfolge der Nachricht haben wir in Aufgabe 10 bereits weiter oben festgelegt.

Die Endmarkierung ist stets 0000.

Falls es nach der Codierung noch Platz im QR-Code gibt, werden abwechselnd die Füllwörter 11101100 und 00010001 aufgefüllt.

Für unser Beispiel ergibt sich dann ohne Füllwörter:

```
01000000 11000100 10000110 01010110 11000110 11000110 11110010
00000101 01110110 11110111 00100110 11000110 01000010 00010000
```

Beachten Sie, es wurden immer Blöcke zu 8-Bits erstellt. Dies dient einer besseren Übersicht und zur einfacheren Übertragung in den QR-Code.

Der Code kann nun in ein QR-Schema eingetragen werden. Dabei bedeutet eine 1, dass das Modul schwarz gefärbt wird. Bei einer 0 bleibt das Modul weiss.

Aufgabe 11

Färben Sie den leeren QR-Code-Bereich mit unserem Beispiel ein. Beachten Sie dazu auch Abbildung 10. Sie weicht etwas von der Abbildung 9 ab. Die Befüllung wird aber so etwas einfacher.

Es wird jeweils im Zickzack-Muster befüllt, und zwar immer von rechts nach links, beginnend in der rechten unteren Ecke. Zuerst nach oben, dann nach unten. usw. Füllen Sie die verbleibenden leeren Blöcke mit den Füllwörtern auf.

Zur Erinnerung hier noch einmal die Bitfolge:

```
01000000 11000100 10000110 01010110 11000110 11000110 11110010
00000101 01110110 11110111 00100110 11000110 01000010 00010000
```

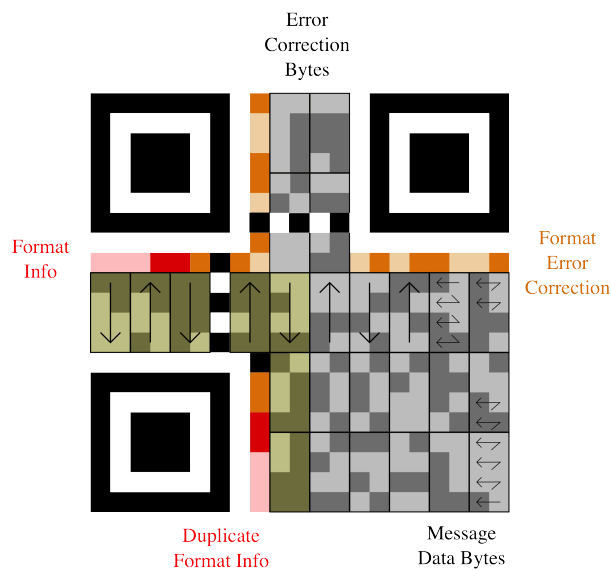
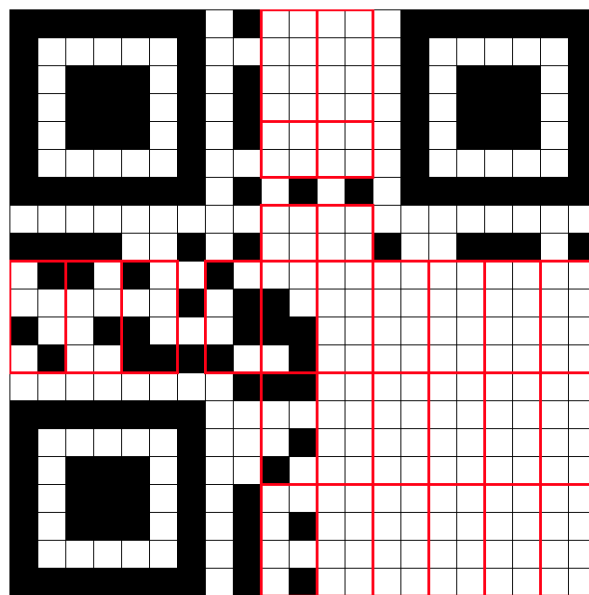


Abbildung 10: Als Hilfe für des Befüllen des QR-Codes aus Aufgabe 11.[9]

Sie haben sich sicher gewundert, wieso die letzten 7 Blöcke bereits ausgefüllt waren. Dies sind die Kontrollbits für den QR-Code, welche mit der Reed-Solomon-Codierung berechnet werden. Die Reed-Solomon-Codierung kommt beispielsweise auch bei CD's zum Einsatz. Sie wurde 1960 entwickelt, obwohl zu dieser Zeit die praktische Verwendung eingeschränkt war, da es keine effiziente Methode zur Decodierung gab.[10] Erstmals wurde die Reed-Solomon-Codierung im Voyager-Programm der NASA 1977 angewandt.[11]

Im Gegensatz zum EAN-Code gibt es hier eine grosse Menge an Kontrollbits. Dies liegt daran, dass es sich hier nicht um einen 1-fehlerkorrigierenden Code handelt, sondern wie Sie schon gesehen haben 7 - 30% der fehlerhaften Bits korrigiert werden können. Je grösser das Fehlerkorrekturlevel ist, desto mehr Kontrollbits werden benötigt, so dass sie bis nahezu zwei Drittel der verfügbaren Fläche (nur die rot-markierten Bereiche) eines QR-Codes einnehmen können.

Nebst den Kontrollbits waren auch die Bits zum Format inklusive deren Kontrollbits im QR-Code vorgegeben, so dass bereits ein optisch vollständiger QR-Code entstanden ist.

Vielleicht waren Sie neugierig und wollten gleich nach dem Ausmalen den QR-Code einscannen. Leider funktioniert dies noch nicht. Warum funktioniert das nicht? Wenn Sie sich verschiedene QR-Codes anschauen, dann werden Sie feststellen, dass sie meist sehr „unruhig“ sind und weder regelmässige Muster noch grössere zusammenhängende weisse oder schwarze Flächen besitzen. Dies liegt an der sogenannten Maskierung, bei der eben diese Fälle verhindert werden.

Aufgabe 12

Finden Sie noch weitere Gründe, warum man einen QR-Code maskiert?

Für die Maskierung wird eine „Maske“ verwendet, die über den QR-Code gelegt wird. Die Masken sind meist geometrische Muster, die sich wiederholen und wichtige Bereiche im QR-Code nicht verändern (vgl. Abbildung 11).

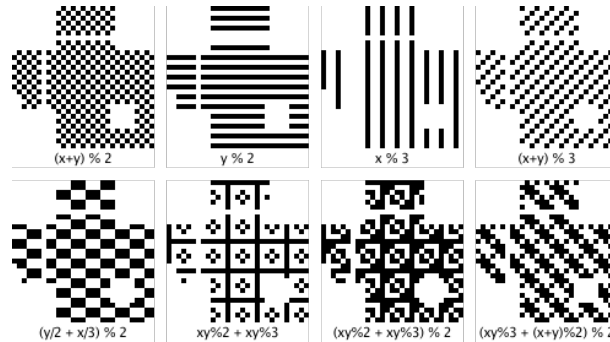


Abbildung 11: Die verschiedenen Masken für die Maskierung. [12]

Grundsätzlich wird die Wahl der Maske so getroffen, dass möglichst wenige Muster entstehen. Es kann aber auch schon im Voraus eine Maske festgelegt werden, was ebenfalls einen gültigen QR-Code produziert.

Die Maskierung funktioniert wie folgt. Ein gefärbter Bereich der Maske bedeutet, dass im QR-Code die Färbung geändert wird. Das heisst, ein weisses Modul wird schwarz und umgekehrt. Ein weisses Feld der Maske hat keinen Einfluss und das Modul bleibt, wie es ist.

Das Beispiel in Abbildung 12 soll diesen Vorgang noch einmal verdeutlichen. In Abbildung 12a) kann man deutlich erkennen, dass ein QR-Code mit grossen einfarbigen Flächen vorliegt. Als Maske wird ein abwechselndes Muster gewählt (Abb. 12b). Dieses wird auf den QR-Code gelegt (Abb. 12c) und die entsprechenden Module umgefärbt. Im Endresultat erhält man einen QR-Code mit weniger einfarbigen Flächen (Abb. 12d).

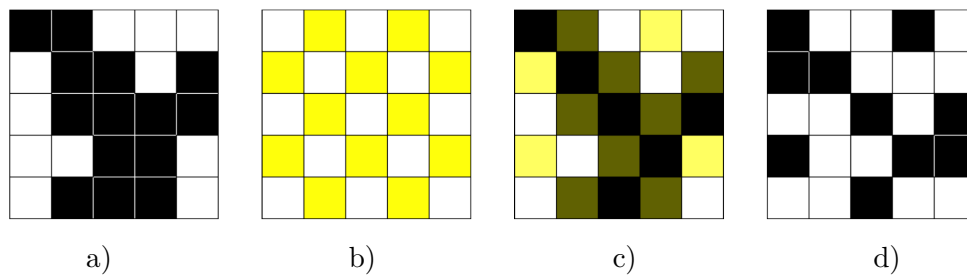


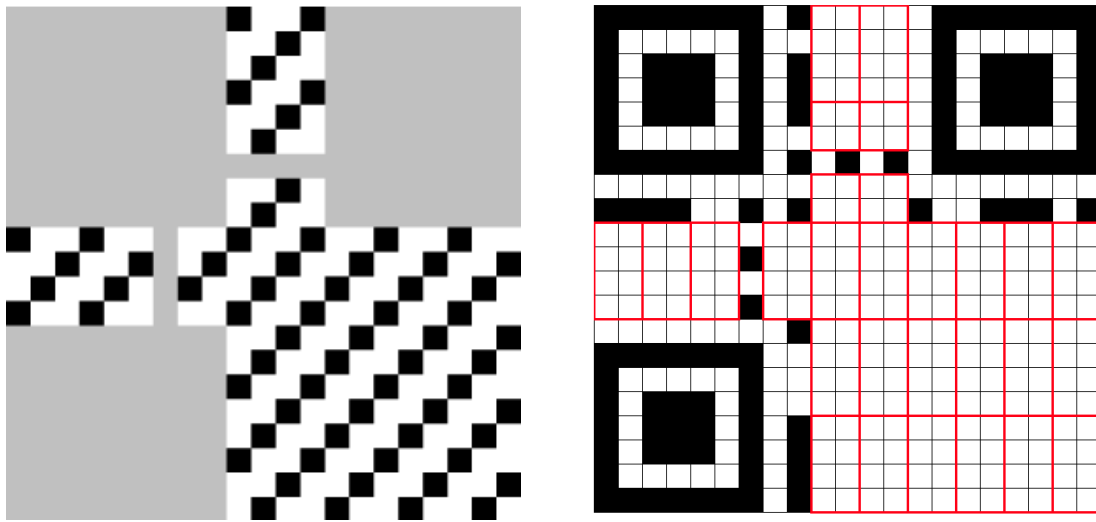
Abbildung 12: Beispiel einer Maskierung. a) ursprünglicher Code b) Maske c) Maske über Code d) maskierter Code. [13]

Aufgabe 13

Überlegen Sie sich, wie die Maske ausschauen muss, wenn man den QR-Code lesen möchte, wenn man also einen QR-Code demaskieren möchte?

Aufgabe 14

Maskieren Sie den QR-Code aus Aufgabe 11 mit der unten dargestellten Maske. Das Ergebnis können Sie in den vorgefertigten QR-Code übertragen und mit dem Smartphone scannen. Viel Erfolg!



Tipp: Sie markieren am besten zuerst die schwarzen Felder der Maske in Aufgabe 11 mit einer Farbe und übertragen dann die Module in den vorgefertigten QR-Code.

In der Regel überlässt man das Erstellen von QR-Codes dem Computer. Es gibt viele Onlinedienste, die QR-Codes generieren.

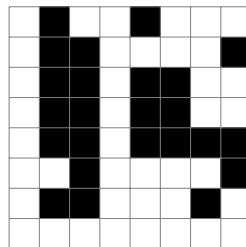
6.4 Lösungen

Aufgabe 1

- (a) Wort = 1010111 1101111 1110010 1110100
- (b) Es gibt verschiedene Möglichkeiten die Zahlen einzutragen. Man muss sich für eine Variante entscheiden.
- (c) Man liest die Bitfolge des Partners aus dem Raster und übersetzt diese mithilfe des Online Tools zurück. Beim Decodieren kann es passieren, dass die Bits falsch abgelesen werden.
- (d) Ein Ergebnis des Diskurses sind folgende Überlegungen: Wenn man nicht weiss, wie der Partner die Zahlen eingetragen hat, kann man ohne diese Information den Code nicht eindeutig decodieren. Es ist auch nicht klar, wo die Codierung endet und wie viele Nullen am Ende noch eingetragen wurden.

Aufgabe 2

- (a) eine Vereinbarung könnte zum Beispiel sein: «Beginnend von oben links, von rechts nach links eintragen.» Als Stoppsymbol bietet sich das Ausrufezeichen ! an, da dieses mit 00100001 codiert wird, was am Ende keine Null hat.
- (b) Wenn man zum Beispiel den Text „Hallo“ codiert und diesen zeilenweise von links nach rechts mit dem Stoppsymbol ! einträgt und mit Zufallsbits auffüllt, erhält man das folgende Bild.



- (c) Wenn das Raster lose ist, kann es auch gedreht werden und dann ist nicht mehr klar, wo «oben links ist».
- (d) Wir könnten eine Kennzeichnung der Ecken vornehmen.

Aufgabe 3

- (a) Man könnte Doppel- oder Dreifachbuchstaben verwenden, welche im Text nicht vorkommen: z.B. "XXX".
- (b) Bei Zahlen funktioniert dieses Verfahren nicht mehr, da eine Ziffer beliebig oft hintereinander vorkommen kann.
- (c) Man codiert den Text „Hallo“ folgendermassen: 11001101 01001000 01100001 01101100 01101100 01101111. Nachher könnten noch beliebig 0 und 1 angehängt werden. Da man durch die Zahl zu Beginn weiss, wie viele Buchstaben folgen, weiss man, wo die Information endet.

- (d) Der Text hat vier Buchstaben und lautet „Velo“. Es sind noch weitere 8-Bit-Blöcke angehängt, die aber nicht mehr zur Information gehören.
- (e) Nutzen Sie die bekannten Konzepte zur Kodierung aus dem Unterricht, um diese Kodierung zu verbessern.

Aufgabe 4

- (a) Wir können mit diesem Raster 64 Datenbits verschicken. Damit lassen sich 7 Buchstaben inkl. Textlänge codieren, da man für 7 Buchstaben die Textlängencodierung 11111101 erhält. Diese ist gerade 8 Bit lang und hat in der ersten Zeile Platz.
- (b) Je nachdem welchen Namen man wählt, entsteht ein anderes Muster.
- (c) Wir können versuchen, Prüfziffern und fehlerkorrigierende Codes unterzubringen.
- (d) Ergänzen Sie jede Zeile und jede Spalte so, dass eine gerade Anzahl schwarzer resp. weisser Flächen entsteht.
- (e) Suchen Sie diejenige Spalte und Zeile, welche eine ungerade Anzahl schwarzer Flächen hat. Da ist der Fehler passiert.

Aufgabe 5

Bei allen Codes wird der Text „Hier steht vielleicht eine ganz lange Nachricht“ angezeigt.

Aufgabe 6

Folgende Gemeinsamkeiten fallen auf: quadratisch, 3 Quadrate in den Ecken, schwarze und weisse Felder

Die Unterschiede betreffen Muster und die Grösse der kleinen Quadrate

Aufgabe 7

Beim QR-Code ganz rechts kann man am meisten abdecken. Beim dritten QR-Code ist es der kleinste Anteil.

Aufgabe 8

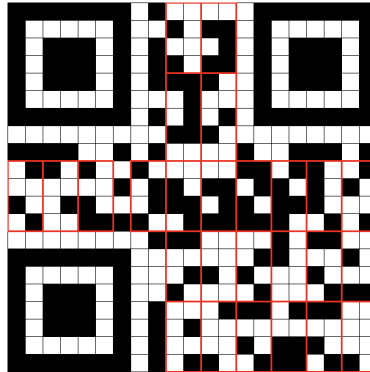
a) $37 \times 37 = 1369$ b) $33 \times 33 = 1089$ c) $29 \times 29 = 841$ d) $41 \times 41 = 1681$

Aufgabe 9

Damit die Positionsmarkierungen sich nicht berühren, benötigt man mindestens ein weisses Modul. Daher besteht der kleinste QR-Code aus 15×15 Modulen. Dies ist aber nicht sinnvoll. Lesen Sie im Abschnitt nach Aufgabe 9 nach.

Aufgabe 10

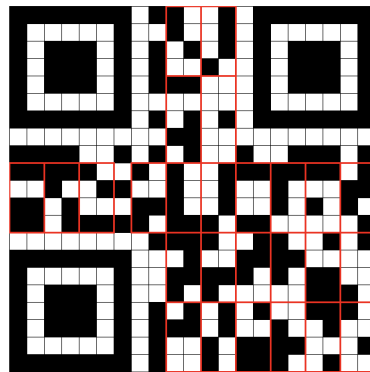
Die Lösung findet sich weiter unten im Text.

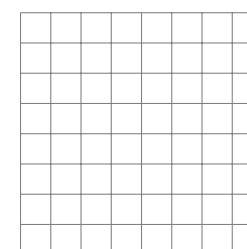
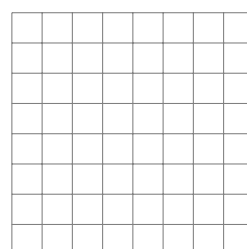
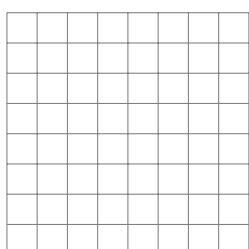
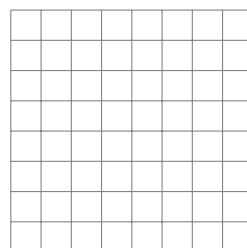
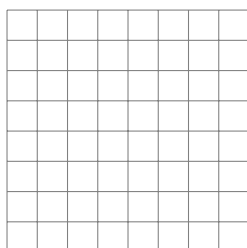
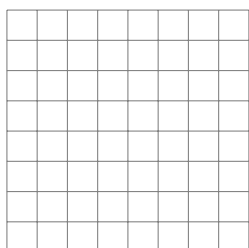
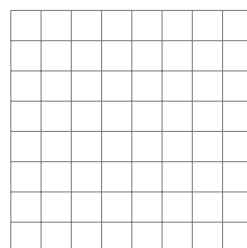
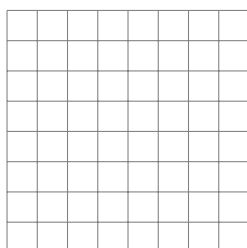
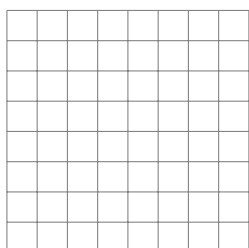
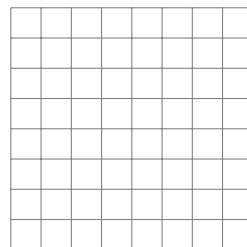
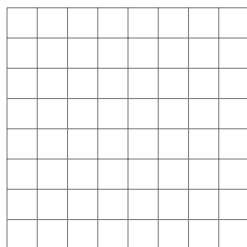
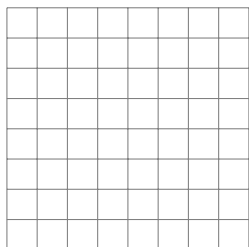
Aufgabe 11**Aufgabe 12**

Es gilt auch zu verhindern, dass weitere Muster entstehen. Z.B. könnte sich in der 4. Ecke das gleiche Muster wie in den restlichen 3 Ecken ergeben.

Aufgabe 13

Für die Demaskierung müssen wieder dieselben Module umgedreht werden wie bei der Maskierung. Daher kann man wieder exakt die gleiche Maske verwenden wie für das Maskieren. Davon kann man sich leicht in der Abbildung 12 überzeugen, indem man die Maske (12b) auf das Endresultat (12d) legt und überprüft, ob die Abbildung 12a) entsteht.

Aufgabe 14

A Kopiervorlage: 8x8-Raster zum Ausschneiden

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|----|---|----|
| 1 | QR-Code-Strukturbeispiel.[1] | 3 |
| 2 | Beispiel eines Schweizer Covid- Zertifikats.[2] | 5 |
| 3 | Barcode | 5 |
| 4 | QR-Code | 5 |
| 5 | Positionsmuster [5] | 7 |
| 6 | Alles verschieden? | 11 |
| 7 | Beispiel eines Design-QR-Codes.[6] | 12 |
| 8 | Dargestellt sind QR-Codes in a) Version 1, b) Version 5, c) Version 10 und d) Version 20. | 13 |
| 9 | Die Struktur eines QR-Codes. Schwarz/weiss gefärbte Bereiche sind fix vorgegeben und können nicht verändert werden. Die roten Bereiche enthalten Informationen über das Format des QR-Codes. Im grauen Bereich sind die Daten codiert. Diese bestehen aus der Nachricht und der Fehlerkorrektur.[7] | 14 |
| 10 | Als Hilfe für des Befüllen des QR-Codes aus Aufgabe 11.[9] | 16 |
| 11 | Die verschiedenen Masken für die Maskierung. [12] | 18 |
| 12 | Beispiel einer Maskierung. a) ursprünglicher Code b) Maske c) Maske über Code d) maskierter Code. [13] | 18 |

Literatur

- [1] Richard Wheeler (Zephyris). QR-Code-Strukturbeispiel. https://de.wikipedia.org/wiki/QR-Code#/media/Datei:QR_Code_Struktur_Beispiel.svg, Zugriff 22. 12. 2021.
- [2] Roche Diagnostics. Corona Antikörpertest. <https://diagnostics.roche.com/ch/de/article-listing/how-covid-19-tests-work.html>, Zugriff 20. 12. 2021.
- [3] Mobile Location ein Geschäftsbereich der Buske Consulting GmbH. Entstehung des QR Codes für die Automobillogistik. <https://qrtool.de/qr-codes/geschichte/>, Zugriff 20. 12. 2021.
- [4] DENSO WAVE INCORPORATED. History of QR Code. <https://www.qrcode.com/en/history/>, Zugriff 20. 12. 2021.
- [5] DENSO WAVE INCORPORATED. QR Code development story. <https://www.denso-wave.com/en/technology/vol1.html>, Zugriff 20. 12. 2021.
- [6] qrc designer. Beispiel für einen Design-QR Code. https://de.wikipedia.org/wiki/QR-Code#/media/Datei:Wikipedia_extreme_qr_code_mobile_de.png, Zugriff 16. 12. 2021.
- [7] Bobmath. Message placement with a QR symbol. https://en.wikipedia.org/wiki/QR_code#/media/File:QR_Character_Placement.svg, Zugriff 16. 12. 2021.
- [8] Wikipedia. QR code. https://en.wikipedia.org/wiki/QR_code, Zugriff 10. 01. 2022.
- [9] Bobmath. . https://commons.wikimedia.org/wiki/File:QR_Code_Unmasked.svg, Zugriff 22. 12. 2021.
- [10] Irving S. Reed and Gustave Solomon. Polynomial codes over certain finite fields. *SIAM J*, 8:300–304, 1960.
- [11] R. W. McEliece and L. Swanson. *Reed-Solomon codes and the exploration of the solar system, in Reed-Solomon-Codes and Their Applications*. IEEE Press, 1994.
- [12] Russ Cox. QArt Codes. <https://research.swtch.com/qart>, Zugriff 16. 12. 2021.
- [13] unbekannt. QR Codes. https://www.swisseduc.ch/informatik/theoretische_informatik/qr_codes/docs/unterlagen_lernende.pdf, Zugriff 16. 12. 2021.