

8. Der lokale ONS-Dienst des Herstellers „findet“ den EPC-Informationsdienst-Server für die gegebene EPC-Nummer.
9. Der Händler kann dann die gewünschten Produktinformationen (z. B. Fertigungsdatum, Mindesthaltbarkeitsdatum) abfragen. EPC-Sicherheitsdienste steuern die Zugangsrechte zum EPCglobal-Netzwerk (Authentifizierung und Zugangsberechtigung).

2.6 2D-Codes

Neben den 1D-Codes, vergleichsweise einfach linear und meist horizontal zu lesende Barcodes, werden zur Erhöhung des Informationsgehaltes optische Codierungen eingesetzt, die auch die 2. Dimension, die *vertikale* Komponente, zum Informationstransfer nutzen. Im einfachsten Fall werden zu diesem Zweck herkömmliche Barcodes übereinandergesetzt, also mehrreihig aufgebaut. Komplexere Verfahren reduzieren den Strich auf einen Punkt und werden als *Matrix*- oder *Dot-Codes* bezeichnet.

Der 1D-Barcode ist als eine Referenz auf eine Information zu verstehen. Mit einer 2D-Symbologie mit höherer Informationsdichte kann dagegen die tatsächliche Information transportiert werden.

2.6.1 Gestapelte Barcodes

Im Jahre 1987 wurde bei der Firma Intermec als erster gestapelter Barcode (oder auch *Stacked Barcode*) der Code 49 für Anwendungen in der Raumfahrt entwickelt. Abbildung 2.44 zeigt eine beispielhafte Code-49-Darstellung. Es können maximal 81 Ziffern oder 49 alphanumerische Zeichen transportiert werden. Diese Zeichen sind in bis zu acht Reihen codiert. Der Grundgedanke war, den Platz eines Barcodes für Daten besser zu nutzen und die Redundanz der in die Höhe gezogenen Striche dadurch zu minimieren, dass die Codes mehrzeilig dargestellt werden. Zwar reduziert sich dadurch die Strichhöhe des einzelnen Barcodes deutlich, proportional zu dieser Strichhöhenverminderung hatten sich Lesegeräte und Drucktechniken zu dieser Zeit aber bereits entsprechend verbessert. Probleme der Fehllesung durch Schräglesung können bei einigen Geräten sogar fast ausgeschlossen werden.



Abbildung 2.44. Beispiel für einen Code 49

Ein Jahr später wurde in Deutschland mit der Entwicklung des Codablock-Barcode begonnen. Es handelt sich ebenfalls um einen gestapelten Barcode, der beispielhaft in Abbildung 2.45 dargestellt ist. Beim Codablock wird eine Balkencode-Zeile so lange fortgesetzt, bis sie voll ist und dann in die nächste Zeile umgebrochen. Dabei können in der Variante Codablock F, die auf dem Code 128 aufbaut, in bis zu 44 Zeilen je zwischen vier und 62 Zeichen codiert werden, was einer Gesamtkapazität von maximal 2728 Zeichen entspricht.

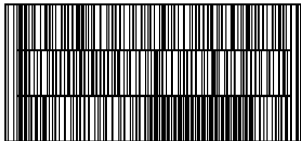


Abbildung 2.45. Beispiel für einen Codablock-Barcode

Neben der Variante F existieren noch die ebenfalls auf Code 128 basierende Variante 256 und die auf Code 39 basierende Variante A. Codablock ist heutzutage sehr stark im Gesundheitswesen vertreten; so werden beispielsweise Blutkonserven über diese Symbologie gekennzeichnet.

Ein weit verbreiteter gestapelter Barcode ist der im Jahre 1988 von Symbol Technologies in den USA entwickelte PDF 417-Barcode (Portable Data File). Ein Beispiel für eine PDF 417 Repräsentation ist in Abbildung 2.46 zu sehen. Jedes einzelne Zeichen wird in ein Codewort mit einer Breite von 17 Modulen codiert, das jeweils aus vier verschiedenen breiten Balken und vier verschiedenen breiten Zwischenräumen besteht.



Abbildung 2.46. Beispiel für einen PDF 417

Pro Zeile können zwischen einem und 30 Zeichen dargestellt werden. Dabei können auf maximal 90 Zeilen über 2700 Ziffern oder 1850 ASCII-Zeichen gespeichert werden. Ein typischer PDF-417-Ausdruck erzielt eine Datendichte von 100 bis 300 Bytes pro Quadratzoll.

Natürlich ist zum Lesen von 2D-Codes auch eine andere Technologie erforderlich. Es werden Geräte benötigt, die mehr als nur die Strichlinie scannen. Zum Einsatz kommen hier neben Kamerasystemen auch *Fächerscanner*⁷³.

2.6.2 RSS-14 und CC

Um den gewachsenen Anforderungen an automatische Identifikation und dezentrale Informationshaltung gerecht zu werden, wurde als Ergänzung zu den Barcodedarstellungen des EAN im Jahre 1996 die Reduced Space Symbology (RSS-14) entwickelt, eine Familie linearer Strichcodesymbole, die neue Möglichkeiten der Produktidentifikation bieten.



Abbildung 2.47. Beispiel für einen RSS-14 Stacked

Die wichtigsten Anforderungen an dieses System waren neben der Datenkomprimierung, also der Möglichkeit, mehr Daten auf gleichem Raum unterzubringen

- omnidirektionales (lageunabhängiges) Lesen, um zum Beispiel das Lesen an der Kasse zu beschleunigen,
- gute Lesemöglichkeit auf kleinster Fläche, um Kleinstprodukte auszeichnen zu können, und
- Kompatibilität zu den bestehenden Systemen des EAN, um den EAN 8 und den EAN 13 auch zukünftig benutzen zu können.

Durch die Benutzung der Codierungsmöglichkeiten des EAN 128 wurde weiterhin die Möglichkeit geschaffen, zusätzliche Informationen, wie zum Beispiel Preis, Verfallsdatum oder Chargennummer, zu erfassen.

Die Grundstruktur sieht eine Breite von 94 Modulen aufgeteilt in 46 Elemente vor, der einzelne Balken kann zwischen einem und acht Modulen breit sein. Die Balkenrepräsentation benötigt keine Ruhezone, da sie über zwei *Suchsymbole* verfügt, die auch jeweils eine Prüfziffer aufnehmen. Über die 94 Module lassen sich Zahlen zwischen Null und über 20 Billionen codieren und damit auf einer Breite von 94 Modulen alle möglichen Werte des EAN 13 zuzüglich einer führenden Null oder Eins darstellen.⁷⁴ Da die nominelle Modulbreite mit 0,25 Millimetern angegeben ist, hat der gesamte Code eine Breite von 23,5 Millimetern, was zu der Repräsentation einer GTIN in Form

⁷³ Beim Fächerscanner wird durch einen Schwingspiegel eine Ablenkung des Lichtstrahles erreicht, wodurch mehrere untereinander stehende Strichcodes abgelesen werden können.

⁷⁴ 20 Billionen = $20 \cdot 10^{12} = 2 \cdot 10^{13}$

des EAN 13, der mit 37,29 Millimetern angegeben ist, eine Reduktion um über 30% darstellt.

In den gestapelten Versionen wird der RSS-14 auf zwei übereinander liegenden Ebenen dargestellt und dadurch die Breite weiter reduziert.



Abbildung 2.48. Beispiel für RSS-14 gestapelt und omnidirektional lesbar

Die Familie der Reduced Space Symbology umfasst sieben Barcodevarianten:

- RSS-14
- RSS-14 truncated (höhenreduziert)
- RSS-14 stacked (gestapelt und höhenreduziert)
- RSS-14 stacked omnidirectional
- RSS-14 limited
- RSS-14 expanded
- RSS-14 expanded omnidirectional

Der in Abbildung 2.47 dargestellte *RSS-14 stacked* ist eine gestapelte, zweireihige und in der Höhe reduzierte Version des RSS-14, der besonders für kleinvolumige Einheiten entwickelt wurde. Der in Abbildung 2.48 beispielhaft aufgezeigte *RSS-14 stacked omnidirectional* unterscheidet sich vom Vorigen in der Höhe. Durch die größere Darstellung wird das omnidirektionale Lesen ermöglicht.



Abbildung 2.49. Beispiel für einen RSS-14 mit 2D-Anteil

Jede der sieben Barcodevarianten verfügt über die Möglichkeit, über die Zuschaltung eines *Verknüpfungsflags* [29] in den Modus des *Composite Codes* zu wechseln. Wenn das Verknüpfungsflag gesetzt ist, muss zusätzlich zum RSS-Code auch noch der 2D-Code der Darstellung gelesen und ausgewertet werden. Abbildung 2.51 zeigt beispielhaft einen RSS-14-Code mit zugeschaltetem Verknüpfungsflag und einer 2D-Repräsentation.

Auf den Internetseiten der GS1 Germany findet sich die Aussage [17]:

„Mit dem 01.01.2010 wird die Strichcodesymbologie Reduced Space Symbology (RSS) zum offenen globalen Standard für die Artikelidentifikation am Point of Sale (POS). Die globale GS1-Organisation, die mit dem EAN-Strichcode bereits weltweite Zeichen der Standardisierung setzt, hat dieses Datum jetzt für Industrie und Handel bekannt gegeben. Der RSS ergänzt die EAN/UPC-Symbologie bei einem Platzbedarf von weniger als 50% eines EAN-13-Codes und eignet sich so zur Kennzeichnung sehr kleiner Einheiten wie z. B. Kosmetik- oder Schmuckartikel.“

2.6.3 RM4SCC

Unter den Poststrichcodes ist der *RM4SCC*, der manchmal auch nur *4SCC* genannt wird, ein besonders interessanter Vertreter. An einen Postcode wird die Anforderung gestellt, dass er in der Briefsortieranlage bei sehr hohen Geschwindigkeiten von 3,5 m/s und mehr auf das Beförderungsgut – in der Regel der Brief – gedruckt und später auch wieder gelesen werden können muss.

Ursprünglich von der Royal Mail (RM) in Großbritannien entwickelt, ist er inzwischen auch in anderen Ländern, wie zum Beispiel in Australien, Dänemark, Österreich oder auch in der Schweiz im Einsatz. Allerdings werden in einigen Ländern teilweise die Zeichen an anderen Positionen gefunden. Der RM4SCC hat einen Zeichenvorrat von 36 Zeichen, die sich aus zehn Ziffern und 26 Buchstaben zusammensetzen. Tabelle 2.10 zeigt den Zeichensatz.



Abbildung 2.50. Eine Zeichensequenz in der Codierung RM4SCC

Zwischen Start- und Stoppzeichen, die aus jeweils einem unterschiedlich langen Strich bestehen, wird die Codierung geschrieben, die in der Mitte eine horizontale Taktlinie besitzt. Diese Taktlinie gilt beim Lesen als Referenzlinie und erlaubt einen unterschiedlichen Abstand der Striche zueinander. Jeder Strich besteht zumindest aus dem Strich für die Taktlinie, kann aber nach oben und/oder nach unten verlängert worden sein. Somit verschlüsselt jeder Strich zwei Bit und kann damit vier Zustände (*engl. states*) annehmen, was

Zeichen	Symbol	$r_o(x)$ $r_u(x)$	Zeichen	Symbol	$r_o(x)$ $r_u(x)$	Zeichen	Symbol	$r_o(x)$ $r_u(x)$
0		1 1	1		1 2	2		1 3
3		1 4	4		1 5	5		1 6
6		2 1	7		2 2	8		2 3
9		2 4	A		2 5	B		2 6
C		3 1	D		3 2	E		3 3
F		3 4	G		3 5	H		3 6
I		4 1	J		4 2	K		4 3
L		4 4	M		4 5	N		4 6
O		5 1	P		5 2	Q		5 3
R		5 4	S		5 5	T		5 6
U		6 1	V		6 2	W		6 3
X		6 4	Y		6 5	Z		6 6
Start			Stopp					

Tabelle 2.10. Der Zeichenvorrat des RM4SCC

dem RM4SCC seinen Namen verleiht: *Royal Mail 4 State Customer Code*. Abbildung 2.50 zeigt eine gültige Beispielsequenz in der Repräsentation des RM4SCC.

Mit Ausnahme des Start- und des Stoppsymbols besteht jedes Zeichen des RM4SCC aus vier Strichen. Von diesen vier Strichen müssen zwei nach oben und zwei nach unten verlängert sein, der Code ist dadurch selbstüberprüfend. Zum Code gehört eine Prüfziffer.

Die Berechnung des Prüfzeichens erfolgt nach einem einfachen Muster: Von jedem Zeichen des Codes, mit Ausnahme des Start- und des Stoppsymbols, wird eine obere und eine untere Referenzzahl r_o und r_u gebildet. Dazu wird von links nach rechts jedes Zeichen betrachtet und die Striche, die nach oben oder unten verlängert sind, mit vier, zwei oder eins gewichtet. Die Ergebnisse dieses Verfahrens zu jedem Zeichen können in Tabelle 2.10

		Prüfziffer oben (p_o)					
		1	2	3	4	5	0
Prüf- ziffer un- ten (p_u)	1	0	6	C	I	O	U
	2	1	7	D	J	P	V
	3	2	8	E	K	Q	W
	4	3	9	F	L	R	X
	5	4	A	G	M	S	Y
	0	5	B	H	N	T	Z

Tabelle 2.11. Matrix zur Ermittlung der Prüfziffer

abgelesen werden. Danach werden diese Werte summiert und jeweils modulo 6 gerechnet, woraus sich die zwei Prüfziffern p_o und p_u ergeben. Zu diesen zwei Prüfziffern kann aus Tabelle 2.11 das Prüfzeichen direkt abgelesen werden. p_o gibt dabei die Spalte und p_u die Zeile an, in der das gesuchte Element steht.

Formal sieht das Finden des Prüfzeichens für den RM4SCC wie folgt aus: Sei $A = \{A, B, \dots, Y, Z\}$ die Menge der Großbuchstaben und $N = \{0, 1, \dots, 9\}$ die Menge der Ziffern und sei $Z = A \cup N$ die Vereinigung dieser beiden Mengen und sei $X = x_1 \oplus x_2 \oplus \dots \oplus x_n$ ein Wort über Z^n mit $x_s \in Z$ und $s \in \{1 \dots n\}$ und einem $n \in \mathbb{N}$. Sei $S = \{1, \dots, 6\} \subset \mathbb{N}$ die Menge der natürlichen Zahlen von 1 bis 6 und seien $r_o : Z \rightarrow S$ und $r_u : Z \rightarrow S$ zwei Abbildungen, die einem Element aus Z einen Referenzwert gemäß Tabelle 2.10 zuordnen. Sei nun weiterhin

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 6 & C & I & O & U \\ 1 & 7 & D & J & P & V \\ 2 & 8 & E & K & Q & W \\ 3 & 9 & F & L & R & X \\ 4 & A & G & M & S & Y \\ 5 & B & H & N & T & Z \end{pmatrix} \in Z^{6,6}$$

eine Matrix, die den gesamten Zeichenvorrat des RM4SCC gemäß Tabelle 2.11 beinhaltet und sei m_{ij} mit $i, j \in \{1 \dots 6\}$ das Element aus der i -ten Zeile und j -ten Spalte von M . Dann ist m_{ij} das Prüfzeichen einer RM4SCC-Codierung, wenn gilt:

$$i = ((\sum_{a=1}^n r_u(x_a)) \bmod 6) + 1$$

und

$$j = ((\sum_{c=1}^n r_o(x_c)) \bmod 6) + 1.$$

Abbildung 2.51 zeigt den Ausschnitt einer durch die hohe Fördergeschwindigkeit während des Druckes verformten RM4SCC Darstellung, die dank der Taktzeile problemlos gelesen werden kann.



Abbildung 2.51. Beispiel für einen RM4SCC

Sollte der Fehler auftreten, dass ein oberer oder ein unterer Strich während einer Lesung nicht oder fehlerhaft erkannt wird, würde das System das defekte RM4SCC-Symbol, das aus vier Strichen besteht, direkt erkennen und als fehlerhaft klassifizieren. Das Prüfzeichen schafft nun aber die Möglichkeit des Nachvollziehens, welcher Strich zu kurz oder zu lang ist. Dadurch ist der RM4SCC nicht nur als fehlererkennend, sondern auch als bedingt fehlerkorrigierend zu klassifizieren.

2.6.4 Matrixcodes

Von der Vielzahl entwickelter Matrixcodes erlangten nur Wenige bis heute eine weitere Verbreitung. Etablierte Matrixcodes sind

- Aztec
- QR-Code
- MaxiCode
- Data Matrix Code
- Dot Code A

Im Jahre 1995 wurde der in den USA entwickelte Aztec Matrixcode vorgestellt, der als *Suchsymbol* mehrere verschachtelte Quadrate in der Mitte enthält. Das Suchsymbol oder auch Suchelement dient der Bildverarbeitungssoftware als Referenzpunkt. Abbildung 2.53 zeigt eine Darstellung des Aztec Codes.



Abbildung 2.52. Beispiel für einen Aztec Code

Es können zwischen zwölf und 3000 Zeichen codiert werden. Durch eine Fehlerkorrektur ist der Code sogar noch lesbar, wenn bis zu 25% der Datenfläche beschädigt sind.

Neben Anwendungen in der Logistik findet sich der Aztec Code auch auf Onlinetickets.

Der 1994 von der japanischen Firma Nippondenso entwickelte quadratische Matrixcode *QR-Code* (Quick Response Code), der in einer Größe von 21 * 21 bis 177 * 177 Feldern (Punkten) angetroffen wird, kann bis zu 1817 japanische Kanjizeichen transportieren. Alternativ können aber auch 7089 Ziffern oder 4296 alphanumerische Zeichen mit ihm codiert werden.

Die Bahn 

OnlineTicket

ICE Fahrkarte

Gültigkeit: Hinfahrt ab 02.06.2006, Rückfahrt ab 05.06.2006
Sparpreis 25 (Hin- und Rückfahrt)
Klasse: 2
Erw: 2, mit 2 BC25
Hinfahrt: Hagen → Konstanz, mit ICE
Rückfahrt: Konstanz → Hagen, mit IC/EC
Über: H: Hagen 13:57 ICE509/BadenBa 17:35 IC2371 R: NV*FR-Hbf 17:03 EC8

DB: Gilt nur in gebuchten Zügen gem. der im Abschnitt "Fahrkarte" angeg. Strecke u.

Bitte auf A4 ausdrucken



Barcode bitte nicht knicken!

Abbildung 2.53. Der Aztec Code auf einem Bundesbahnticket

Der QR-Code besitzt in drei Ecken verteilte und ineinander geschachtelte Quadrate, die als Suchelemente dienen. Auch dieser Code ist quadratisch aufgebaut. Eine Fehlerkorrektur erlaubt beim QR-Code eine sinnvolle Rekonstruktion, selbst wenn bis zu 30% der Datenfläche zerstört sind.



Abbildung 2.54. Beispiel für einen QR-Code

Im Paketversand gelangt der MaxiCode zum Einsatz, der auf einer fest vorgegebenen Fläche von einem Quadratzoll (25,4 mm * 25,4 mm) 93 ASCII-Zeichen oder 138 Ziffern codiert. Der MaxiCode besitzt ein Suchmuster aus drei konzentrischen Kreisen. Um dieses Suchmuster sind 866 Sechsecke in

33 Reihen angeordnet, die schwarz oder weiß ausgefüllt sind. Der Maxi-Code verfügt über eine Fehlerkorrektur, mit der Daten bei einer gesamten Zerstörung von bis zu 25% rekonstruiert werden können.



Abbildung 2.55. Data Matrix Code Beispiel

Der in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre in den USA entwickelte Data Matrix Code, der beispielhaft in Abbildung 2.55 zu sehen ist, kann in einer Größe von 10×10 bis 144×144 Feldern vorkommen, kann aber auch in nicht-quadratischen Formen (etwa 8×18 Felder) gedruckt werden. Auch im Druck müssen die einzelnen Elemente nicht quadratisch sein, eine Verzerrung ist erlaubt, weil die beiden horizontalen und vertikalen „Taktlinien“ die Größe eines Elements beschreiben und dadurch die Lesbarkeit wieder ermöglichen.

Ein von links oben nach rechts unten nicht unterbrochener Rahmen, der als Suchelement fungiert und dem Lesegerät die Lage im Raum verrät, umschließt den *Data Matrix Code* zur Hälfte. Die beiden anderen Seiten werden von einem alternierenden Schwarz-Weiß-Muster umgeben, das als „Takt“ dient und die Codegröße schnell abzählbar macht.

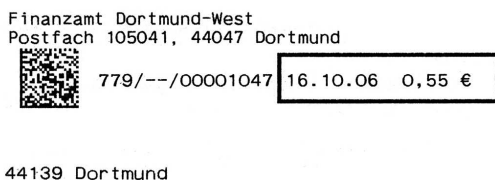


Abbildung 2.56. Data Matrix Code als Briefmarke

Durch Anwendung der Reed-Solomon-Fehlerkorrektur⁷⁵ (ECC200) enthält der Data Matrix Code zwar Redundanzen, dadurch können aber bei Beschädigungen von bis zu 25% des gedruckten Codes die zerstörten Informationen rekonstruiert werden. Auf seiner Maximalgröße kann dieser Matrixcode 1558 erweiterte ASCII-Zeichen (acht Bit), 2335 ASCII-Zeichen (sieben Bit) oder 3116 Ziffern transportieren.

Der Data Matrix Code, der anfänglich in der Elektroindustrie zur Leiterplattenkennzeichnung und in der Chip-Produktion zu finden war und sich auch in der Automobilindustrie durchsetzen konnte, hat inzwischen allgemeine Bekanntheit als digitale Briefmarke erfahren, wie Abbildung 2.56 zeigt.

⁷⁵ Siehe hierzu Abschnitt 2.7.

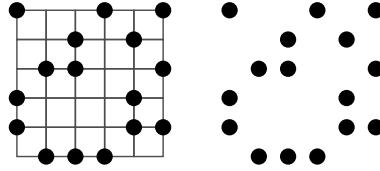


Abbildung 2.57. Dot Code A Beispiel

Der *Dot Code A* besteht aus einer quadratischen Anordnung von 6×6 bis 12×12 Punkten (dots). Hiermit können bis zu 42 Milliarden Objekte unterschieden werden. Er besitzt Suchpunkte (Suchelemente) und kann daher omnidirektional und aus großem Abstand zuverlässig gelesen werden.

Anwendungen existieren in der Kennzeichnung von Halbzeugen, Chips und Platinen, in der Identifikation von Laborgläsern und in der Markierung von Wäsche in Wäschereien, aber auch in der Verarbeitung von Alurohlingen und Achsen (auf der Stirnseite) mit eingeschlagenen Dot Codes (vgl. [29]). Da der Dot Code in den meisten Fällen direkt auf das Objekt aufgetragen wird, wird er weniger häufig gedruckt, sondern viel öfter gebohrt, geätzt, gefräst oder eingeschlagen.

Schließlich seien noch die so genannten *3D-Codes* erwähnt, die auf den 2D-Codes aufbauen und farbliche Komponenten als dritte Dimension benutzen.

2.7 Fehlerkorrektur

Bei selbstüberprüfenden Barcodes, wie etwa beim Code 2/5, erkennt das Lesegerät durch die integrierte Software in vielen Fällen einen Fehler im Barcode dadurch, dass eine erwartete Struktur nicht eingehalten wurde. So muss beim Code 2/5 beispielsweise ein Barcodezeichen, das aus fünf Balken besteht, zwei breite und drei schmale Balken enthalten. Ein selbstüberprüfender Code wird auch *EDC* oder *Error Detecting Code* genannt.

2.7.1 Zwei aus Drei

Während die Methoden des EDC Fehler aufzeigen können, kann mit *ECC*, den *Error Checking and Correction Algorithms*, der Fehler nach dem Auffinden gleich korrigiert werden. ECC-Verfahren basieren auf Redundanz. Das zu codierende Wort wird erweitert und nicht selten wird es auch verändert. Ein bekanntes und sehr einfaches ECC besteht im „Zwei aus Drei“-Verfahren, bei dem das Wort ω dreifach geschrieben wird: $3 * \omega = \omega_1 \oplus \omega_2 \oplus \omega_3$ mit $\omega_i = \omega_j$ für $i, j \in \{1, 2, 3\}$. Beim Lesen können dann die drei folgenden Fälle eintreten:

Identifikationssysteme und Automatisierung

Hompel, M.; Büchter, H.; Franzke, U.

2008, X, 310 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-75880-8