



Informationen zum Aztec Code

(Original von Dr. Andy Longacre, Jr. Staff Scientist, Welch Allyn, Inc.)

Der Aztec Code ist eine neuartige, universelle 2D-Matrix-Barcode-Symbologie. Wie aus Abbildung 1 ersichtlich wird, zeichnet sich dieser Code optisch durch auf einem Raster angeordnete quadratische Symbole aus, in deren Zentrum sich ein Ziel („Bullauge“) befindet. Mit Aztec Code-Symbolen können kleine und grosse Datenmengen (Ziffern, Text oder Bytes) durch Verwendung der Reed-Solomon-Fehlerkontrolle effizient codiert werden. Aztec Code wurde von Andy Longacre und Rob Hussey von Welch Allyn entwickelt. Dieser anfangs patentierte Code ist mittlerweile allgemein frei verfügbar.

Abbildung 1: Typische Aztec Code-Symbole



Ursprung

Die ursprüngliche Idee für Aztec Code wurde im Dezember 1994 geboren. Grund war die allgemeine Unzufriedenheit mit dem Design und der Leistung herkömmlicher 2D-Matrixcodes, (z.B. PDF 417) welche den kommerziellen Erfolg von Bild-Lesegeräten gefährdeten. Beim Schreiben von Decodiersoftware für verschiedene Matrix-Symbologien bekamen die Entwickler von Welch Allyn ein gutes Gespür dafür, welche Funktionen sinnvoll waren (z.B. Zielsucher) und welche fehlten (z.B. Grössenerkennung). Die ausführlichen Symbologie- und Lesegerätetests bei Welch Allyn zeigten klar auf welche Vorteile auch rechteckige/quadratische Barcode-Elemente beim Drucken und Skalieren bieten.

Es wurde beschlossen, die „besten“ Merkmale aller bisher bekannten 2D-Symbologien – in erster Linie Maxi Code, Code One, Data Matrix, Dot Code, PDF417 und SuperCode – mit neuen Ideen, besonders hinsichtlich Fehlerkorrektur in einer vielseitigen und doch einfachen Symbologie zu kombinieren. Ein früher Probedruck eines von Datenschichten umgebenen quadratischen Ziels, das von einem strahlenförmigen Raster fester Referenzmuster durchzogen ist, führte zu dem in Abbildung 2 (A) dargestellten Bild. Die Geometrie dieses Bildes erinnerte an mittelamerikanische Kunst und führte zu dem Namen „Aztec Code“. Ein Druckprogramm und ein Decoder waren schnell entwickelt, und im März 1995 wurden die grafischen Zeichen von Aztec Code erstmalig veröffentlicht (siehe Abbildung 2 (B)).

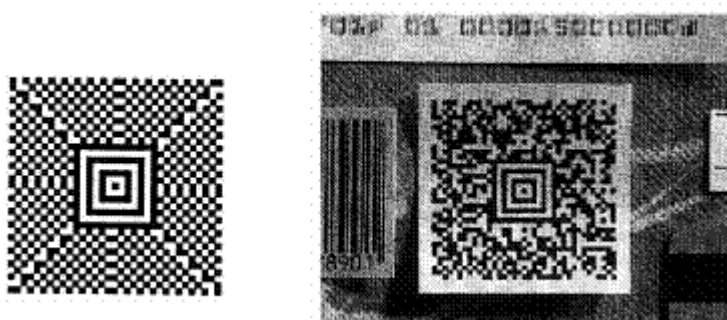


Abbildung 2: (A) (B) Frühe Aztec Code-Bilder

Eine weitreichende Änderung in der Symbolzeichen-Struktur und der Fehlercodierung wurde mit Version 2.0 der Spezifikationen im Juni 1995 vorgenommen. Seitdem blieb das grundlegende Aztec Code-Design jedoch unverändert. Dank der Weiterentwicklung der Lesegeräte, ersten praktischen Anwendungen und kritischer Prüfung durch das Technical Symbology Committee von AIM USA, konnte der ISS-Aztec Code durch AIM International im Herbst 1997 offiziell veröffentlicht werden.



Grundlegende Eigenschaften von Aztec Code

Es können zwei verschiedene Aztec Code-Symbole unterschieden werden, „Kompakt“-Symbole (Abbildung 1, Beispiel 1) mit einem nur aus 2 Ringen bestehenden Ziel und „Vollbereich“-Symbole mit einem aus 3 Ringen bestehenden Ziel (Abbildung 1, Beispiel 2 und 3). Da beide Formate von Druckern automatisch ausgewählt und von Lesegeräten automatisch unterschieden werden können, bilden sie zusammen eine Folge aus 33 unterschiedlichen Symbolgrößen, mit denen kleine und große Datenmengen effizient codiert werden können. Zusammenfassend lässt sich sagen:

1) Mit Aztec Code-Symbolen können beliebige Sequenzen von Byte-Werten codiert werden, wobei bei der Verdichtung von Text- und numerischen Daten hervorragende Ergebnisse erzielt werden. Ausserdem können mit diesen Symbolen FNC1 zum Angeben industriespezifischer Formate und ECI-Sequenzen zur Angabe spezieller Dateninterpretationsmodi codiert werden.

2) Aztec Code-Symbole sind insgesamt quadratisch, ihre Größe reicht von 15x15 bis zu 151x151 Modulen, wobei keine Hellzone erforderlich ist. Tabelle 1 zeigt die Datenkapazität für verschiedene typische Symbolgrößen.

Tabelle 1: Beispiele für Symbolgrößen und ihre Kapazität

# of Data Layers	Symbol Size (H x W, in X)	Symbol Data Capacities		
		Digits	Text	Bytes
1 *	15 x 15	13	12	6
4 *	27 x 27	110	89	53
7	45 x 45	294	236	145
11	61 x 61	601	482	298
15	79 x 79	1008	808	502
20	101 x 101	1653	1324	824
26	125 x 125	2632	2107	1314
32 **	151 x 151	3832	3067	1914

* indicates Compact symbols; the rest are Full-Range.
 ** exceeds the resolution capability of current readers.

3) Aztec Code-Symbole können in zusammengefühten Strukturen verwendet werden, in denen Daten über bis zu 26 Symbole miteinander verkettet werden. 4) Aztec Code-Symbole verfügen über ein spezielles Format zur Initialisierung des Lesegeräts, das für Barcode-Steuerfunktionen nützlich ist. Das Layout eines Aztec Code-Symbols ist äusserst systematisch aufgebaut und verfügt über klar unterteilte funktionelle Bereiche. Dies ermöglicht vereinfachte Codierungs- und Decodierungsroutinen, wobei die zugrundeliegende mathematische Struktur gleichzeitig ungewöhnlich flexibel und robust ist.

Beispiel von Lesegeräten welche Aztec Code erfassen und decodieren können.



> [IT 4410 Scanner](#)



> [Dolphin 7400](#)

Der Aztec Code ist einer der beliebtesten 2D Code und findet heute schon Anwendung z.B. bei den Formularen der Schweizer Volkszählung (1999), Steuerformularen bei div. CH-Kantonen, Lizenzen und Ausweisen aller Art. Auch in der Industrie, dem Gesundheitswesen und Transportwesen.



Aufbau des Aztec Code-Symbols

Abbildung 3 zeigt den Aufbau eines Vollbereich Aztec Code-Symbols. Das Symbol besteht aus drei festen Strukturen: 1) Der zentrale Zielsucher, 2) Ausrichtungsmuster in den vier Ecken, 3) Ein Referenzraster, das sich durch die Datenbereiche zieht, Das Symbol verfügt ausserdem über zwei variable Strukturen: 4) Eine kurze Modusmeldung, die an das Ziel angrenzt und es umgibt, 5) 1 bis 32 Datenschichten aus 2 Modulen, die spiralförmig vom Zentrum nach aussen verlaufen. [Ein kompaktes Aztec Code-Symbol verfügt über ein kleineres Ziel, hat kein Referenzraster und umfasst nur 1 bis 4 Datenschichten.]

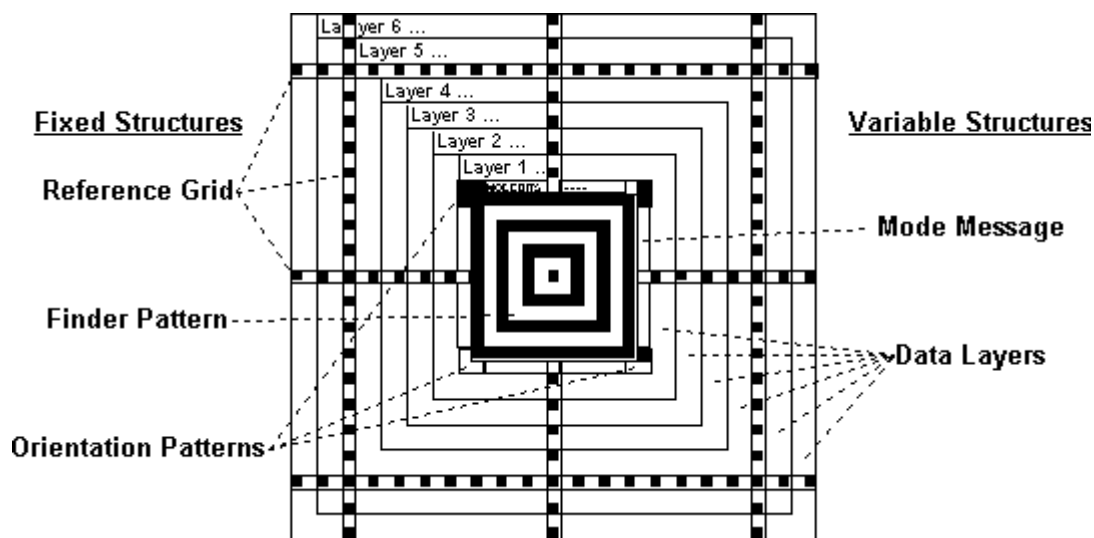


Abbildung 3 - Aufbau eines „Vollbereich“-Aztec Code-Symbols

Sowohl die Modusmeldung als auch die Datenschichten sind mit der Reed-Solomon-Fehlerkontrolle kodiert. Die Modusmeldung hat eine feste Länge, mit der zwei Datenschichten-Parameter kodiert werden: a) die Anzahl der Schichten und b) die Anzahl der Wörter in der Datenmitteilung (diese wird niemals aufgefüllt; vielmehr wird der restliche Datenbereich mit Prüfwörtern ausgefüllt). Dabei kann die „Ebene“ der Fehlerkorrektur in Aztec Code vom Benutzer festgelegt werden und die Datenschichten können zwischen 5% bis 95% Prüfwörter enthalten. Es ist jedoch selten notwendig, vom minimalen Standardwert, 23%, abzuweichen.

Die Datenschichten enthalten eine Abfolge von Codewörtern, mit denen zunächst die gewünschte Mitteilung codiert wird; anschließend wird die Fehlererkennung und -korrektur angewendet. Zwei weitere Aspekte wirken sich positiv auf die Fehlercodierung aus, die vom Benutzer angepasst werden kann und zusätzliche Prüfwörter zum „Auffüllen“ verwendet: Zum Einen hängt die Grösse des Codeworts selbst von der Symbolgrösse ab und schwankt zwischen 6 Bit bei der Verwendung von GF(64) für die kleinsten Symbole und 12 Bit bei GF(4096) für die grössten. Dabei sind keine überlappenden Felder erforderlich und die Körnung für den gesamten Symbolbereich ist zufriedenstellend. Zum Anderen verfügen die Wörter der Mitteilung, die sich in der äussersten Schicht eines Symbols befinden, über eine Löscherkennung (Erasure Detection), mit der die Fehlerkorrektur auch auf abgeschnittene Ecken eines Symbol angewendet werden kann.



Im endgültigen Symbol scheinen alle Strukturen – mit Ausnahme des Ziels, das sich abhebt – vermischt zu sein. Ihre speziellen Funktionen werden jedoch bei der Untersuchung eines typischen Decodierverfahrens deutlich.

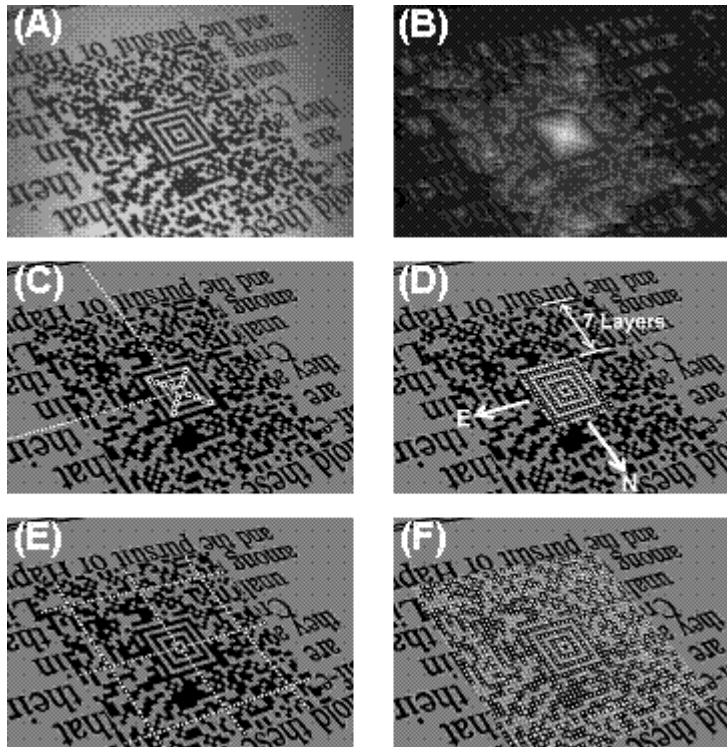


Abbildung 4: Schritte bei der Decodierung eines typischen Aztec Code-Symbols

Aztec Code-Decodierung

Abbildung 4 zeigt die Reihenfolge der Schritte auf, die zum Lesen des Aztec Code-Symbols in Bild 4(A) erforderlich sind.

Ein Aztec Code-Symbol wird in einem gescannten Bild anhand der Topologie seines Ziels identifiziert, dessen Zentrumsmotiv sich scharf von den Rändern abhebt (ähnlich einer Insel in einem See, auf einer grösseren Insel, in einem grösseren See usw.). Durch den Suchalgorithmus des ISS-Aztec Code wird die Zieltopologie hervorgehoben (siehe 4(B)), unabhängig von der Ausrichtung und dem Blickwinkel.

Sobald ein Zielbereich gefunden wird, wird jeder Ring des Ziels abgetastet, um (a) das Zentrum zu bestimmen und (b) die Positionen der vier Eckpunkte zu ermitteln. Anhand der Richtung und des Abstands zu benachbarten Ecken werden dann die Richtung und Skalierung der zwei Hauptachsen des Symbols geschätzt (siehe 4(C)). Abhängig vom Blickwinkel stehen diese Achsen möglicherweise nicht exakt im rechten Winkel zueinander und verfügen nicht über dieselbe Skalierung.

Wiederum vom Zentrum ausgehend werden die Modulpositionen schichtweise von innen nach aussen projiziert. Dabei werden geringfügige Korrekturen vorgenommen, damit die Module zwischen den angrenzenden Eckpositionen zentriert sind („Area Crystal Growing“). Die Projektion wird fortgesetzt, bis die erste Schicht ausserhalb des Ziels zugeordnet und gesampelt ist (siehe 4(D)). Bei diesem Verfahren können mögliche Schwarz/Weiss-Umkehrungen und Kompaktsymbole erkannt und entsprechend verarbeitet werden. Anschliessend werden die Ausrichtungsmuster an den Ecken dieser Grenzschicht mit den vier möglichen Ausrichtungen und ihren Spiegelbildern abgeglichen, um die Himmelsrichtungen Norden und Osten zu bestimmen. Dann werden die Bits der Modusmeldung gesampelt, korrigiert und analysiert, um die Grösse des restlichen Symbols und die Länge der codierten Mitteilung festzulegen.

Besteht das Symbol aus maximal vier Datenschichten (einschliesslich aller Kompaktsymbole), wird das Area Crystal Growing-Verfahren auswärts bis zu den Grenzen der Datenfelder ausgeweitet. Bei grösseren Symbolen wird stattdessen eine lineare Variante des Crystal Growing-Verfahrens angewendet, um die Zentren aller Referenzrastermodule zu den Grenzen des Symbols hin zuzuordnen (siehe 4(E)).



Anschließend werden diese Positionen interpoliert, um die Sampling-Punkte für alle Datenpunkte festzulegen, wie in 4(F) dargestellt. Bei beiden Vorgehensweisen wird eine Bitmap des gesamten Datenbereichs erstellt, die dann in eine Abfolge von Codewörtern aufgeschlüsselt wird.

Jedes Codewort mit einem Modul, das ausserhalb des gescannten Bildes liegt, sowie unzulässige Werte für die Codewörter der Mitteilung werden als „Löschungen“ angesehen. Anschliessend wird das bekannte Berlekamp-Massey-Chien-Forney-Fehlerkorrekturverfahren auf die Datenfolge angewendet. Bei einer erfolgreichen Fehlerkorrektur gibt das Lesegerät einen Signalton aus und die codierte Mitteilung wird aus der Codewortsequenz neu aufgebaut.

Die Haupteigenschaften von Aztec Code

Die Erläuterung der Decodierung hat folgende Haupteigenschaften des Aztec Code aufgezeigt:

- 1) Der schichtweise Aufbau der Datenfelder ermöglicht eine kontinuierliche Abfolge von 33 verschiedenen Symbolgrössen und Datenkapazitäten.
- 2) Der Zielsucher vereinfacht das Lesen aus vielen verschiedenen Blickwinkeln.
- 3) Die Ausrichtungsmuster erleichtern das Lesen in verschiedenen Ausrichtungen, auch seitenverkehrt.
- 4) Mit Hilfe des Referenzrasters in grösseren Symbolen können grössere Bildfehler ausgeglichen werden.
- 5) Aufgrund der Decodierung von innen nach aussen sind keine Hellzonen erforderlich.
- 6) Die robuste, benutzerdefinierbare Reed-Solomon-Fehlerkorrektur gewährleistet eine gleichbleibende Leistung und ein hohes Sicherheitsniveau.
- 7) Durch fehlerbereinigte Felder an der Peripherie des Symbols werden unzureichend gerahmte Bilder ausgeglichen.

Dieser letzte Punkt ist sicherlich zum Grossteil für den verblüffenden Erfolg verantwortlich, welcher beim Lesen von Aztec Code-Symbolen mit grosser Datenkapazität mit einem Handscanner erzielt wird. Bei genauer Betrachtung muss man zu dem Entschluss kommen, dass die ideale Symbolform für das omnidirektionale Handscannen rund ist, da das Symbol dann auf einfache Weise in allen Ausrichtungen durch einen Rahmen eingefasst werden kann. Als zweitbeste Form würde sich dann ein Quadrat erweisen, dessen Ecken abgeschnitten werden können; und genau das bietet Aztec Code.

Anwendungsbereiche und Unterstützung von Aztec Code

Aztec Code ist eine universelle 2D-Matrix-Symbologie, die auf die Imaging-Technologien zum Lesen von 2D-Barcodes zugeschnitten und optimal für die Decodierung kleiner bis grosser Datenmengen geeignet ist. In Anwendungsbereichen mit Platzbeschränkungen wie in Produktion, Handel, Gesundheitswesen und Pharmazie wird Aztec Code wegen seiner hohen Dichte und des Verzichts auf Hellzonen geschätzt. In Teilen der USA werden auch Anwendungen zur Verfolgung von eingelösten Coupons im Einzelhandel eingesetzt. Einige Postbehörden verwenden Aztec Code für das Remote-Entwerten von „e-Briefmarken“ und die Aztec-basierte Erfassung von Unterschriften hat bereits das Interesse verschiedener Transportunternehmen geweckt.

Nachdem Aztec Code das AIM-Standardisierungsverfahren durchlaufen hat, wird die Förderung und Verbreitung des Codes durch folgende Strategien unterstützt: (a) Die Software zur Quellkodierung ist für die kommerzielle Nutzung im Druckgewerbe und für Hersteller von Drucksoftware frei erhältlich, (b) günstige Lesegeräte wie z.B. IT 4410 oder Dolphin Handcomputer (c) Bereitstellen kostenloser Software mit denen Testsymbole generiert werden können. (gratisdownload ab ADES Homepage, unter Technik/Support) Auch professionelle Strichcode Software wie „B-Coder for Windows,“ von TAL-Technologies unterstützt bereits den kommerziellen Druck von Aztec Code und die weltweit wichtigsten Etikettendrucker- und Lesegerätehersteller unterstützen diesen Code standardmässig.

Bezugsquellen:

1. „ISS-Aztec Code“-Spezifikation ist erhältlich bei:

AIM USA oder den lokalen AIM International Niederlassungen.

2. Das Druckprogramm „B-Coder for Windows“ ist erhältlich bei:

TAL Technologies Inc. www.taltech.com

3. Lesegeräte für Aztec Code wie z.B. IT-4410 oder Dolphin und gratis Software zum Drucken

ADES, CH-8306 Brütisellen, www.ades.ch