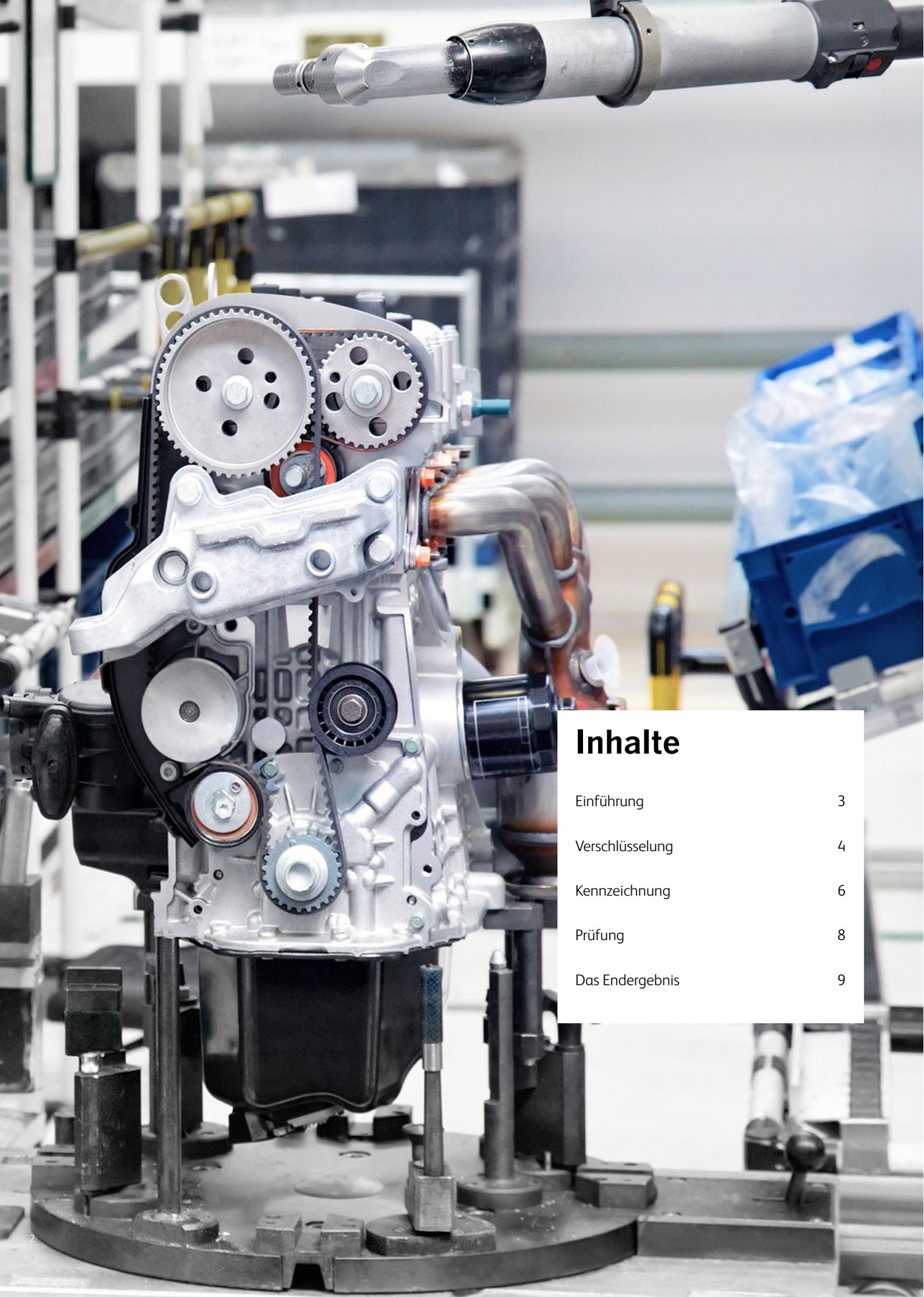


Implementierung der Bauteil-Direktbeschriftung

Zu berücksichtigende Aspekte bei der Verschlüsselung, Kennzeichnung und Prüfung von Teilen in der Automobil- sowie Luft- und Raumfahrtindustrie



Viele Branchen machen von der Bauteil-Direktbeschriftung (DPMI, Direct Part Mark Identification) zur Kennzeichnung verschiedenster Endbenutzerartikel Gebrauch. Dieser Prozess wird auch als maschinenlesbare Kennzeichnung bezeichnet und wird in der Automobil-, sowie Luft- und Raumfahrtindustrie zur Auftragung alphanumerischer Codes und Barcodes auf Einzelteile und Baugruppen verwendet. In diesem White Paper werden die Kennzeichnungsanforderungen, Optionen zur Auftragung von Codes und Erwägungen zur Überprüfung von DPMI erläutert.



Inhalte

Einführung	3
Verschlüsselung	4
Kennzeichnung	6
Prüfung	8
Das Endergebnis	9

Einführung

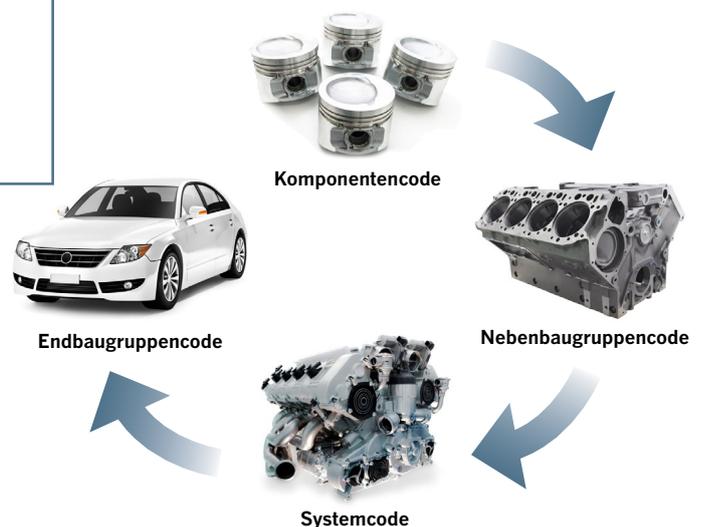
DPMI-Standards wurden bereits von mehreren Verbänden in der Automobil- und der Luft- und Raumfahrtbranche übernommen. Die Markierung von Teilen mit maschinenlesbaren Codes ermöglicht deren genaue Nachverfolgung während des gesamten Herstellungsprozesses und in der Lieferkette. Bestimmte Hersteller nutzen DPMI zur Nachverfolgung hochwertiger Teile im Rahmen zum Schutz vor Diebstahl und Fälschungen sowie von wartungs- und rückrufbedürftigen Teilen. Auch zur Behebung von Garantiefällen kann DPMI genutzt werden.

Bei der Herstellung von Bauteilen lässt sich durch maschinenlesbare Codes der Bedarf an manuellen Code-Eingaben reduzieren und dadurch die Präzision der Codes erhöhen und der Datenaustausch beschleunigen. Elektronisch erzeugte Codes einschließlich 1D- und 2D-Barcodes ermöglichen eine einfache Datenspeicherung und Nutzung auf internen IT-Systemen. Der 1D-Barcode fand 20 Jahre lang in der Datenauszeichnung breite Verwendung. Jetzt wird dieses Format in vielen Produktionsprozessen in der Automobil- sowie Luft- und Raumfahrtbranche durch 2D-Formate ersetzt. Der Grund? Mit 2D-Codes können mehr Informationen auf engerem Raum untergebracht werden und sie lassen sich mit verschiedenen direkten Markierungsmethoden anwenden.

Die drei Hauptelemente der DPMI sind die Verschlüsselung, Kennzeichnung und Prüfung. Bei der Verschlüsselung geht es um die Wiedergabe einer Datenzeichenfolge durch ein Muster mit dunklen und hellen Zellen mit Daten, Füllbytes und Fehlerkorrektur-Bytes. Diese werden dann vom Kennzeichnungsgerät verwendet. Bei der Kennzeichnung handelt es sich um den direkten Druck von Inhalten auf ein Bauteil mit einer für das Substrat geeigneten Technologie. Die Prüfung besteht aus der Kontrolle der Code-Präzision und -Qualität. Diese erfolgt in der Regel unmittelbar nach dem Bedrucken des Produkts an der Kennzeichnungsstation.



Nachverfolgbarkeit während des gesamten Lebenszyklus



Verschlüsseln

Menge, Art und Qualität der Daten für DataMatrix-Codes

Die DataMatrix-Größe hängt von der Art und der Menge der zu verschlüsselnden Daten ab. Bei einem DataMatrix-Code handelt es sich um einen 2D-Matrix-Barcode. Dieser Code besteht aus schwarzen und weißen Modulen, die in einem quadratischen oder rechteckigen Muster angeordnet sind. In einem einzigen Symbol können bis zu 3.116 numerische oder 2.335 alphanumerische Zeichen gespeichert werden. DataMatrix ECC 200 ist der derzeitige Standard in der Automobil- und der Luft- und Raumfahrtbranche.

Bei GS1 (Global Standards One) handelt es sich um eine weltweite Organisation, welche Standards für Barcode-Anwendungen festlegt. GS1 DataMatrix-Codes können im quadratischen oder rechteckigen Format gedruckt werden. Meist wird das quadratische Format verwendet, da dieses in mehr Größen zur Verfügung steht und das einzige Format ist, dass für Symbole zur Verschlüsselung großer Datenmengen genutzt werden kann. Mit dem größten rechteckigen Symbol lassen sich 98 Stellen verschlüsseln; mit dem größten quadratischen Symbol sind es hingegen 3.116.

Die GS1 DataMatrix-Symbologie umfasst unterschiedliche Größen für verschiedenste Dateninhalte. GS1 DataMatrix-Symbologien umfassen 24 Quadratformat-Größen von 10 x 10 Modulen bis zu 144 x 144 Modulen (ohne Berücksichtigung der Randzone 1-X). Das rechteckige Format ist in sechs Größen – von 8 x 18 Modulen bis zu 16 x 48 Modulen verfügbar (ohne Berücksichtigung der Randzone 1-X).

Symbolgröße																									
Zeilen		10	12	14	16	18	20	22	24	26	32	36	40	44	48	52	64	72	80	88	96	104	120	132	144
Spalten		10	12	14	16	18	20	22	24	26	32	36	40	44	48	52	64	72	80	88	96	104	120	132	144
Datenkapazität																									
Numerisch		6	10	16	24	36	44	60	72	88	124	172	228	288	348	408	560	736	912	1152	1392	1632	2100	2608	3116
Alphanumerisch		3	6	10	16	25	31	43	52	64	91	127	169	214	259	304	418	550	682	862	1042	1222	1573	1954	2335
Byte		1	3	6	10	16	20	28	34	42	60	84	112	142	172	202	278	366	454	574	694	814	1048	1302	1556

Datenkapazität quadratischer DataMatrix-Codes im Verhältnis zur Symbolgröße (Anzahl Punkte in den genutzten Reihen und Spalten) und zum verwendeten Datentyps



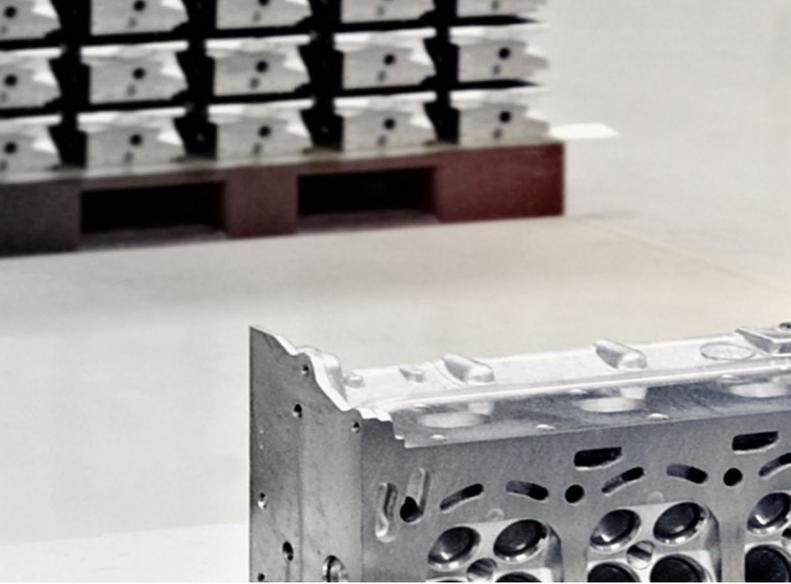
Beispiel eines quadratischen DataMatrix-Code

Symbolgröße							
Zeilen		8	8	12	12	16	16
Spalten		18	32	26	36	36	48
Datenkapazität							
Numerisch		10	20	32	44	64	98
Alphanumerisch		6	13	22	31	46	72
Byte		3	8	14	20	30	47

Datenkapazität rechteckiger DataMatrix-Codes im Verhältnis zur Symbolgröße (Anzahl Punkte in den genutzten Reihen und Spalten) und zum verwendeten Datentyps



Beispiel eines rechteckigen DataMatrix-Code



Die Daten werden im DataMatrix-Code nach einem speziellen Muster gespeichert. Jeder Punkt steht für ein Bit. Dunkle Punkte werden als „1“ und helle Punkte als „0“ gelesen. Acht Bits ergeben zusammen ein Byte und werden als „Code-Wort“ bezeichnet, welches mindestens ein alphanumerisches und zwei numerische Zeichen enthalten muss.

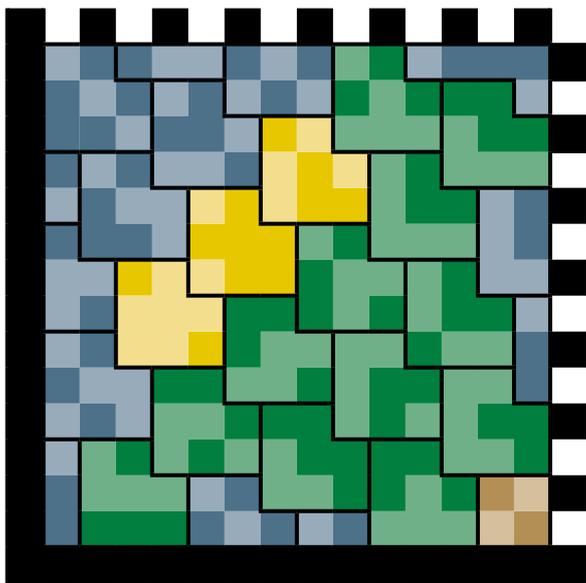


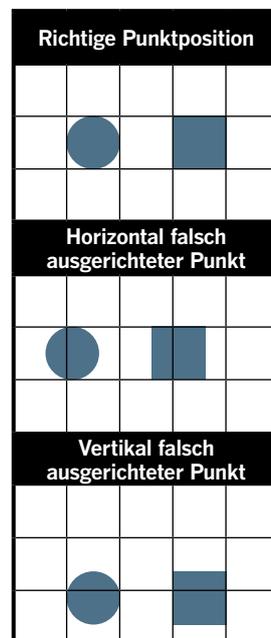
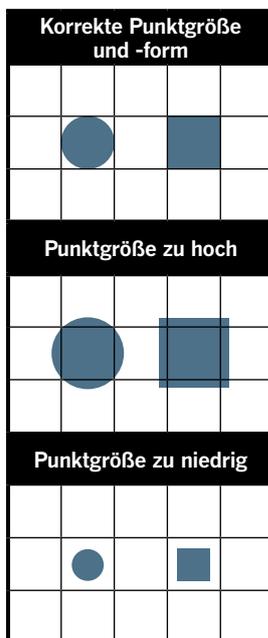
Abbildung der Datenverteilung in einem DataMatrix-Code. Die acht zu einem Byte gehörigen Bits sind in der gleichen Farbe dargestellt. Bei der festen äußeren „L“-Form handelt es sich um das Ausrichtungsmuster. Die beiden übrigen Seiten des Musters enthalten einander abwechselnde helle und dunkle Elemente. Der übrige Teil des Codes besteht aus Datenbytes, Füllelementen, Datenkorrektur, Such- und Zeiterfassungselementen und ungenutzten Zellen.

Bei ECC 200-Codes werden Nutzerdaten mit dem Korrekturalgorithmus Reed-Solomon verschlüsselt. Bei diesem Algorithmus werden erforderliche Dateninhalte durch redundante Daten ergänzt. Bei Verlust der Daten können diese anhand der redundanten Daten neu errechnet werden. Je nach Symbolgröße können bei einer Vernichtung oder Verunreinigung des Codes von bis zu 62 % alle Daten neu errechnet werden. Durch die im Code enthaltenen zusätzlichen Daten wird für eine hohe Sicherheit ohne wesentlich höheren Platzbedarf gesorgt. Die Datenredundanz von DataMatrix-Codes trägt zu einer hohen Lesbarkeit und Integrität der Codes bei.

Qualität der erzeugten Codes

Für die Lesbarkeit und Zuverlässigkeit der DataMatrix-Codes sind weitere Aspekte zu berücksichtigen, die über die grundlegenden Regeln der Code-Erstellung hinausgehen. Die Punkte innerhalb eines DataMatrix-Codes können rund oder rechteckig sein. Bei Nadelpresse- und Tintenstrahlvorgängen entstehen runde Punkte, welche gemäß den Standards für diese Codes nicht mehr als 105 % größer oder weniger als 60 % kleiner sein dürfen, als die ideale Punktgröße. Wenn die Punkte zu groß sind, können sie sich berühren oder überschneiden und zu einem großen Punkt verschmelzen, wodurch der Code unlesbar wird. Bei zu kleinen Punkten entsteht ein zu großer weißer Zwischenraum, was ebenfalls zu einer unzureichenden Lesbarkeit führt. Es wurden auch Grenzwerte in Bezug auf Abweichungen vom idealen Kreis aufgestellt, um eine gute Lesbarkeit des durch die runden Punkte erzeugten Codes sicherzustellen.

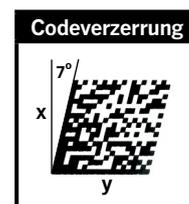
Ebenfalls ausschlaggebend für die Codelesbarkeit ist die Position der Punkte. Diese Punkte dürfen nicht vom Referenzmuster bzw. der idealen Punktposition (Punktmittelpunkt) weder vertikal noch horizontal abweichen. Der Code darf zudem nicht verzerrt werden. Der Winkel zwischen X- und Y-Achse beträgt idealerweise 90°, jedoch ist eine Abweichung von 7° nach derzeitigen Codestandards tolerierbar.



Je nach gewählter Methode können u.U. nur runde Punkte erzeugt werden. Es gibt festgelegte Parameter für Abweichungen von der idealen Kreisform, um die Lesbarkeit des Codes garantieren zu können. Der Unterschied zwischen „D“ und „d“ sollte also maximal 20 % der Punktgröße betragen.



Bei der Kennzeichnung und beim Lesen können Codeverzerrungen auftreten. Diese sind so weit wie möglich zu vermeiden. Der Winkel zwischen X- und Y-Achse beträgt idealerweise 90°. Eine Abweichung von bis zu 7° ist tolerierbar.



Kennzeichnung

Die Wahl der optimalen Kennzeichnungsmethode ist vom Substrat des jeweiligen Bauteils und den Kennzeichnungsanforderungen abhängig.

Neben der Auswahl der Formatierung und des Inhalts des Codes ist auch die Auswahl der geeignetsten Kennzeichnungsmethode des Teils erforderlich. Die in der Automobil- sowie der Luft- und Raumfahrtbranche am häufigsten verwendeten Methoden sind Laserkennzeichnung, Continuous Inkjet-Druck, Nadelprägung und elektrochemische Ätzung.

CO₂-Lasercodierer nutzen Infrarotstrahlung, welche durch einen Hochfrequenzgenerator in einem CO₂-Gasgemisch erzeugt werden. Diese Lasersysteme arbeiten mit Wärmestrahlung, wodurch die Oberfläche aufgeschmolzen, aufgeschäumt oder abgetragen wird.

UV-Laser verwenden ultraviolettes Licht, um sichere, „kalte“ Markierungen zu erstellen, die auf viele Substrate gedruckt werden können, ohne diese zu beschädigen. UV-Laser sind ideal für das direkte Aufbringen permanenter, hochwertiger Kennzeichnungen zur Prävention von Fälschungen und zur Verbesserung der Rückverfolgbarkeit von Produkten.

Bei Continuous Inkjet (CIJ)-Technologie wird ein Tintenstrahl durch eine Düse im Druckkopf geleitet, und ein Ultraschallsignal trennt den Tintenstrahl in kleine Tropfen auf. Diese einzelnen Tintentröpfchen werden individuell geladen und während ihres Fluges entlang einer geladenen Ablenkplatte vertikal unterschiedlich weit ausgelenkt. Hierdurch ergibt sich im Zusammenspiel mit der Produktbewegung das erwünschte Schriftbild.

Bei der Nadelprägung wird mithilfe einer speziellen Nadel eine Vertiefung für jeden Punkt im DataMatrix-Code erzeugt.

Bei elektrochemischer Ätzung werden Materialschichten mittels Elektrolyse abgetragen. Bei diesem Prozess wird ein Bild auf eine Schablone und anschließend auf ein elektrisch leitfähiges Produkt mithilfe von Elektrolyten und Elektrizität übertragen.

Gängige Kennzeichnungsoptionen im Vergleich

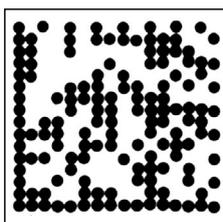
	Laser	Continuous Ink Jet (CIJ)	Nadelprägung	Elektrochemische Ätzung
Für die Kennzeichnung geeignete Materialien Verschiedene Substrate	Hoch	Hoch	Durchschnitt	Niedrig
Flexibilität Bedrucken schwer zu kennzeichnender Oberflächen, Abstand zwischen Bauteil und Kennzeichnungsgerät	Hoch	Durchschnitt	Durchschnitt	Niedrig
Erstinvestition/Anschaffungskosten	Hoch	Durchschnitt	Niedrig	Niedrig
Einfache Integration Einfache Kommunikation mit der SPS in der Produktionslinie und Platzbedarf für Einbau und Wartung	Hoch	Hoch	Durchschnitt	Niedrig
Art der Kennzeichnungsmethode <i>Kontaktlos</i> (Teil wird von Kennzeichnungsgerät nicht berührt) <i>Mit Kontakt</i> (Teil wird von Kennzeichnungsgerät berührt)	Kontaktlos	Kontaktlos	Mit Kontakt	Mit Kontakt
Abriebfestigkeit der Kennzeichnung	Hoch	Niedrig	Hoch	Hoch
Mobilität Aufwand bei der Neupositionierung von Kennzeichnungsgeräten an andere Positionen an der Produktionslinie	Niedrig	Hoch	Hoch	Hoch
Thermische oder chemische Belastung	Ja	Nein	Nein	Ja



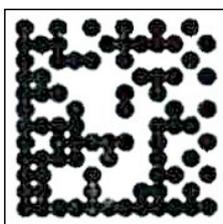
Bei der Auswahl der geeignetsten Kennzeichnungsmethode spielen die Art des Substrats und die Anforderungen an die Produktkennzeichnung eine entscheidende Rolle. In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Arten an Substraten und die dafür jeweils am besten geeigneten Technologien aufgeführt.

Drucktechnologie und Eignung von Substraten

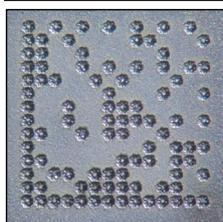
		Aluminium	Kupfer	Titan	Eisen	Stahl	Magnesium	Keramik	Glas	Synthetik
Laser	CO ₂ -Laser								•	•
	Festkörperlaser	•	•	•	•	•	•	•		•
	UV-Laser	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Continuous Ink Jet (CIJ)		•	•	•	•	•	•	•	•	•
Nadelprägung		•	•		•	•				•
Elektrochemische Ätzung		•	•	•	•	•	•			



DataMatrix-Codedruck mit CIJ-Technologie



DataMatrix-Codedruck mit Lasertechnologie



DataMatrix-Codedruck mit Nadelprägetechnologie

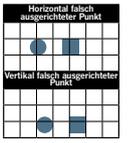
Lassen Sie sich von Ihrem Kennzeichnungspartner professionell beraten um für Ihre Kennzeichnungsanwendung die passende Lösung zu finden.

Prüfung

Bestätigung der 2D-Codequalität und der Inhaltsgenauigkeit

Durch die Prüfung von 2D-Codes können die Hersteller die Leistung ihrer im Einsatz befindlichen DPMI-Ausrüstung voll ausschöpfen. Mit Überprüfungssystemen lassen sich sofort Warnmeldungen ausgeben, wenn die erzeugten Codes der Überprüfung nicht standhalten, sodass eventuelle Probleme mit den Geräten erkannt und behoben werden können. Überprüfungssysteme umfassen in der Regel eine feste Kamera, Optik, Blitz, Teilverrichtungen und eine bestimmte Überprüfungssoftware. DPMI-Überprüfungssysteme müssen genau auf die Anwendung zugeschnitten sein, damit die jeweiligen Benutzer auch die von ihnen benötigten Daten erhalten. Beim Überprüfungssystem kommt es darauf an, dass Benutzer wissen, was durch das Gerät geprüft wird und wie die Prüfungsdaten zur Einhaltung der Codespezifikation eingesetzt werden.

Bei der Evaluierung von DataMatrix-Codes können je nach Standard folgende Kriterien angewendet werden:

Evaluierungskriterien	Beschreibung	Klasse	Verwendung gemäß Standard		
			ISO/IEC 16022	EN 9132	AIM DPM
Dekodierung	 Prüfung der allgemeinen Lesbarkeit eines Codes. Ein „A“ steht für einen sehr gut lesbaren, ein „F“ für einen nicht lesbaren Code.	A (4,0) F (0,0)	Bestanden Nicht bestanden	•	•
Symbolkontrast	 Überprüfung des Kontrasts zwischen hellen und dunklen Punkten im Code.	A (4,0) B (3,0) C (2,0) D (1,0) F (0,0)	SC ≥ 70 % SC ≥ 55 % SC ≥ 40 % SC ≥ 20 % SC < 20 %	•	SC > 20 % CC 30 % CC 25 % CC 20 % CC 15 % CC < 15 % (Zellkontrast)
Axiale Ungleichförmigkeit	 Prüfung des Verhältnisses von Länge zu Breite eines Codes. Ein gestreckter oder gestauchter Code erhält eine schlechte Bewertung der axialen Ungleichförmigkeit.	A (4,0) B (3,0) C (2,0) D (1,0) F (0,0)	AN ≤ 0,06 AN ≤ 0,08 AN ≤ 0,10 AN ≤ 0,12 AN > 0,12	•	•
Ungenutzte Fehlerkorrektur	 Hiermit wird geprüft, wie viele redundante Daten beim Lesevorgang zum Entschlüsseln des Dateninhalts verwendet werden.	A (4,0) B (3,0) C (2,0) D (1,0) F (0,0)	UEC ≥ 0,62 UEC ≥ 0,50 UEC ≥ 0,37 UEC ≥ 0,25 UEC < 0,25	•	•
Abweichung Punktmittle	 Hiermit wird geprüft, in welchem Maße die Punktmitten von der theoretischen Mitte abweichen.		0 % ... 20 %		•
Zellgröße	 Hiermit wird der Füllgrad eines Punktes geprüft.		60 % ... 105 %		•
Gesamt-Punktbewertung		A (4,0) B (3,0) C (2,0) D (1,0) F (0,0)			

Anhand der jeweiligen Anwendung werden nicht nur Codeparameter, sondern auch die Druckqualität und die Spezifikationen für Datenformat, Kennung und Übertragungsstrukturen festgelegt. Gleiches gilt für ein DPMI-Überprüfungssystem.

Bei der Auswahl eines DPMI-Überprüfungssystem sollte nicht nur die erfolgreiche Installation geprüft, sondern es sollten auch Ergebnisse, Abbildungen und Überprüfungsdaten protokolliert, berichtet und freigegeben werden. Zudem sollte das System in der Lage sein, Qualitätsmetriken zu jedem überprüften Bauteil unter Angabe von Zeit- und Datumstempeln sowie Bitmap-Bildern nachzuverfolgen, aufzuzeichnen und zu bewerten. Diesen Metriken sollten internationale Standards wie ANSI und GS1 zugrunde gelegt sein.

Optimierte DPMI-Lösungen verfügen über eine benutzerfreundliche Oberfläche mit einfachem Benutzerzugriff auf Einrichtungsdaten. Zu den Einrichtungsdaten zählen üblicherweise Benutzername, Belichtungsparameter sowie kameraspezifische Details wie Belichtungswerte und Optikeinstellungen.

The screenshot shows a software interface for DPMI inspection. It includes several sections:

- Overall grade:** 3.5/13/660 (A)
- ISO Grading:** Full (selected), Pass/Fail
- View:** Overall grade, Contrast, Modulation, Decodability, Defects, OCR, Zoom
- ISO/IEC Parameters:** 1D: linear, 2D: CC, PDF, DM, etc. (selected). Code: 0130350242134683211234567891234
- Symbology:** ECC-200
- Cell size:** 16.3 mils
- Decode:** PASS
- Contrast:** 4.0 (A) 78%
- Modulation:** 3.8 (A)
- Axial nonuniformity:** 3.5 (A) 6%
- Grid nonuniformity:** 4.0 (A) 3%
- Unused EC:** 4.0 (A) 100%
- Data Structure Analysis:** A table with columns: Embedded data, Description, Value.

Embedded data	Description	Value
<232>	Func1	<Func1>
01	Identification of a Fixed Measure Trade Item (GTIN)	(01)
30350242134683	Global Trade Item Number (GTIN)	30350242134683
21	Serial Number	(21)
1234567891234	Serial Number	1234567891234

Beispiel eines Sichtsystems zur Prüfung der Qualität und Datengenauigkeit von DataMatrix-Codes

Fazit:

Die Bauteil-Direktbeschriftung ist für die genaue Nachverfolgung während des gesamten Herstellungsprozesses und in der Lieferkette von entscheidender Bedeutung.

Ganz gleich, ob 1D- oder 2D-DataMatrix-Codes: Der Erfolg bei Ihrer Produktkennzeichnung und -überprüfung hängt in erster Linie von der Wahl des passenden DPMI-Systems ab.

Wir sind uns bei Videojet der Komplexität der Bauteil-Direktbeschriftung bewusst und sind mit schlanken Produktionsprozessen bis ins Detail vertraut. Viele Erstausrüster und Zulieferer der Automobil- sowie Luft- und Raumfahrtindustrie vertrauen bereits auf Videojet und unsere weitreichende Erfahrung. Sie setzen auf ein globales Team erfahrener Wartungstechniker und Kennzeichnungsspezialisten für den Entwurf und die Integration optimaler Kennzeichnungslösungen auf Grundlage ihrer individuellen Anwendungsanforderungen. Bei uns finden Sie neben einer breiten Palette an Kennzeichnungstechnologien für nahezu jede Anwendung auch Unterstützung bei der Auswahl der optimalen Kennzeichnungslösung für Ihre Produktionsumgebung, mit der Sie auf maximale Betriebszeit zusteuern.

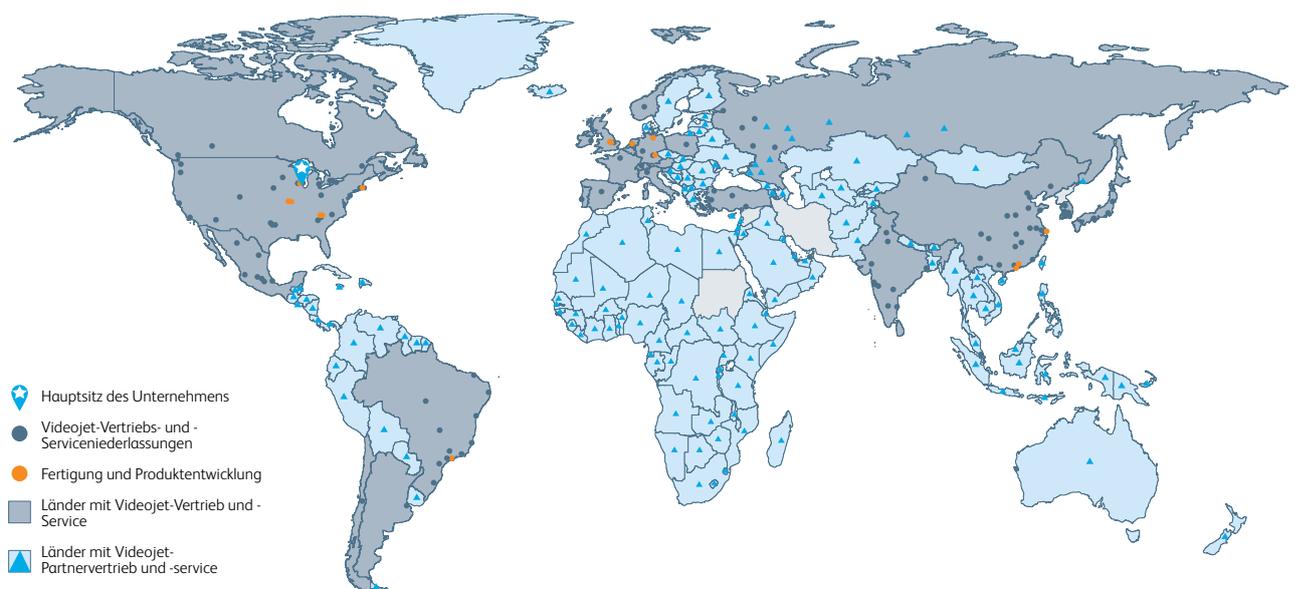
Vertrauen Sie der Erfahrung eines weltweit führenden Anbieters an Kennzeichnungslösungen. Vertrauen Sie Videojet.

Qualitätssicherung als Standard

Videojet Technologies ist ein weltweit führender Anbieter im Produktkennzeichnungsmarkt. Zum Angebotsspektrum zählen Lösungen aus den Bereichen Inline-Druck, Produktkennzeichnung sowie Tinten, Betriebsmittel und Zubehör. Ein umfangreiches Serviceprogramm rundet das Portfolio ab.

Wir arbeiten eng mit unseren Kunden in den Bereichen Konsumgüter, Pharma und Industrieprodukte zusammen. Unser Ziel ist es, die Produktivität unserer Kunden zu erhöhen, ihre Marken zu schützen und deren Wert zu steigern sowie bei Branchentrends und neuen Vorschriften stets auf dem Laufenden zu sein. Als Experten für die Anwendungen unserer Kunden und als führender Technologieanbieter für Continuous Ink Jet (CIJ), Thermal Ink Jet (TIJ), Laserkennzeichnung, Thermotransferdruck (TTO), Verpackungs-codierung und -etikettierung sowie Wide Array Druck haben wir bislang weltweit über 345.000 Drucker installiert.

Täglich vertrauen Kunden beim Bedrucken von über zehn Milliarden Produkten auf die Systeme und Lösungen von Videojet. Für Vertrieb, Installation, technischen Service und Kundens Schulungen stehen 4.000 Mitarbeiter in 26 Ländern weltweit zur Verfügung. Zusätzlich wird das Vertriebsnetz von Videojet ergänzt durch mehr als 400 Distributoren und OEMs, die 135 Länder betreuen.



Telefon: **+41 (0)62388 33 33**
E-Mail: **info.switzerland@videojet.com**
oder besuchen Sie uns auf **www.videojet.ch**

Videojet Technologies Suisse GmbH
Gummertliweg 7
4702 Oensingen

© 2018 Videojet Technologies Suisse GmbH Alle Rechte vorbehalten.

Die Videojet Technologies GmbH arbeitet fortlaufend an der Verbesserung ihrer Produkte. Wir behalten uns das Recht vor, Design und/oder technische Daten ohne Vorankündigung zu ändern.

