

## Verfahren für die Bauteil-Direktbeschriftung

Maschinenlesbare Kennzeichnung für die Automobil- sowie die Luft- und Raumfahrtindustrie



Die Bauteil-Direktbeschriftung (DPM, Direct Part Marking) wird in vielen Branchen zur Kennzeichnung verschiedenster Endbenutzerartikel eingesetzt. Dieser Prozess wird auch als maschinenlesbare Kennzeichnung bezeichnet. In der Automobil- sowie der Luft- und Raumfahrtindustrie wird er zur Aufbringung alphanumerischer Codes und 2D-DataMatrix-Codes auf Einzelteile und Baugruppen verwendet.

In diesem technischen Leitfaden finden Sie einen Vergleich zwischen den gängigsten DPM-Kennzeichnungstechnologien: Laser, Ink Jet, Nadelprägung und elektrochemische Ätzung. Nähere Informationen zur Verschlüsselung und Code-Prüfung finden Sie in unserem Whitepaper „*Implementierung der Bauteil-Direktbeschriftung*“.



## Inhalte

Einführung	3
Kennzeichnungsmethoden	4
Laserkennzeichnung	6
Continuous Ink Jet (CIJ)	8
Nadelprägung und elektrochemische Ätzung	10
Fazit	11

# Bauteil-Direktbeschriftung – der neue Standard bei der Teilekennzeichnung

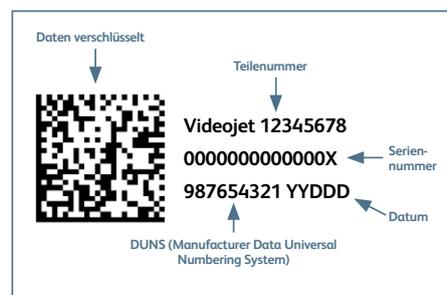
DPM-Standards wurden bereits von mehreren Verbänden in der Automobil- sowie der Luft- und Raumfahrtbranche übernommen. Die Markierung von Teilen mit maschinenlesbaren Codes ermöglicht deren genaue Nachverfolgung während des gesamten Herstellungsprozesses und in der Lieferkette.

**Mit DPM können Hersteller Teile über den gesamten Fertigungsprozess und die gesamte Lieferkette hinweg zurückverfolgen. Die Technologie eignet sich ideal für die Nachverfolgung von wartungs- und rückerfordern bedürftigen Teilen und ist auch bei Haftungs- oder Garantiefällen hilfreich.**

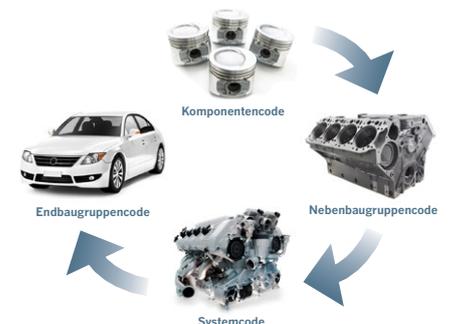
Bei der Herstellung von Bauteilen lässt sich durch maschinenlesbare Codes der Bedarf an manuellen Code-Eingaben reduzieren. Dadurch erhöht sich die Präzision der Codes und der Datenaustausch wird beschleunigt. Elektronisch erzeugte Codes einschließlich 1D- und 2D-Barcodes ermöglichen eine einfache Datenspeicherung und Nutzung auf internen IT-Systemen. Der 1D-Barcode fand 20 Jahre lang in der Datenauszeichnung breite Verwendung, wird jetzt aber 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 DPM 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.

Beispiel für einen DPM-Code



Rückverfolgbarkeit während des gesamten Lebenszyklus



# Kennzeichnungsmethoden

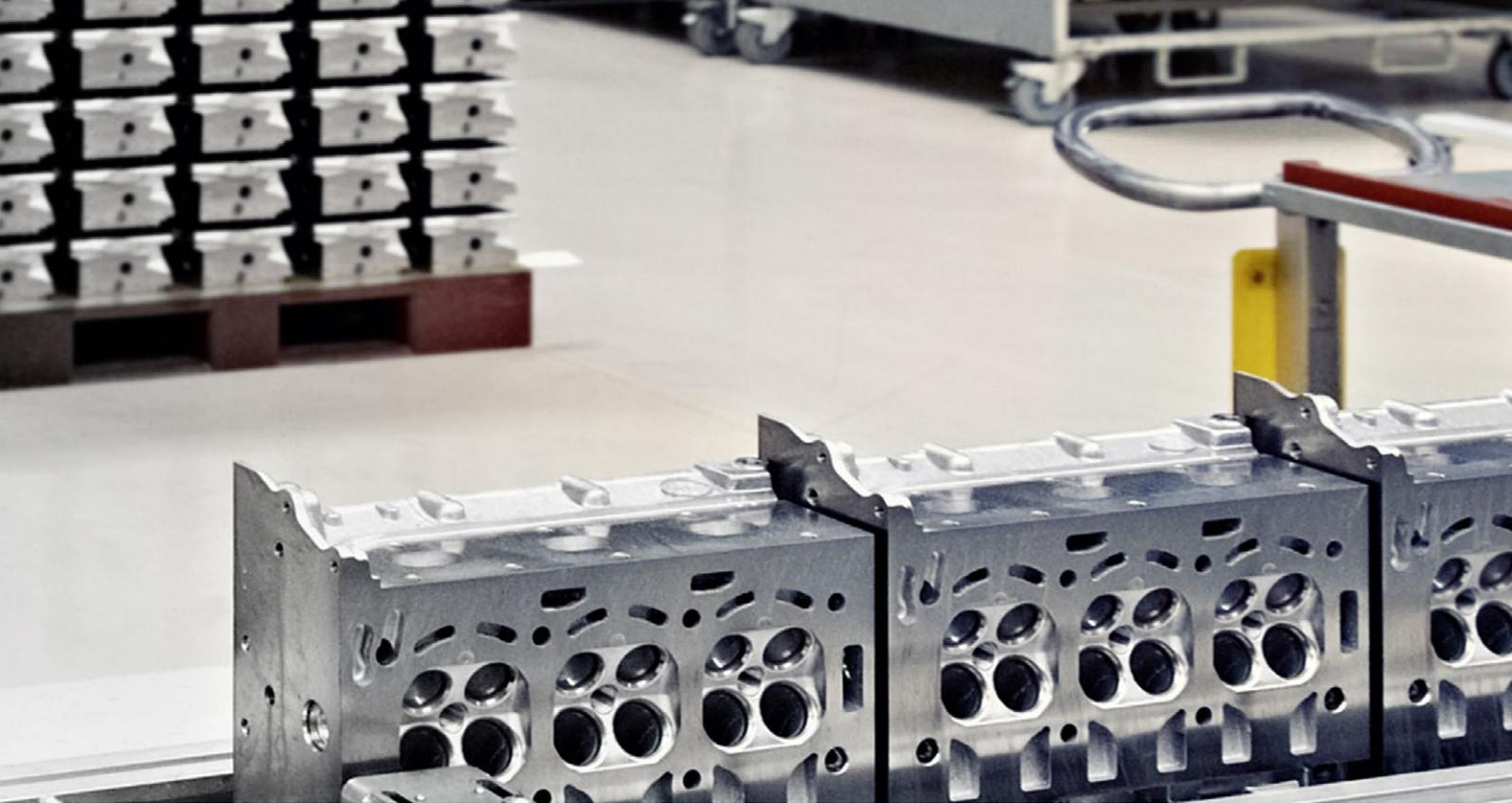
Neben der Auswahl der Formatierung und des Inhalts des Codes ist auch die Auswahl der am besten geeigneten Kennzeichnungsmethode des Teils erforderlich. DPM bietet in der Regel mehr Vorteile als andere Optionen wie das Aufbringen von Etiketten. Aufgrund der physischen Merkmale und der Bauform von Teilen kann es in der Fertigung aber auch zu Kennzeichnungsproblemen kommen.

Die in der Automobil- sowie der Luft- und Raumfahrtbranche am häufigsten verwendeten Kennzeichnungsmethoden sind Laserkennzeichnung, Continuous Ink Jet-Druck, Nadelprägung und elektrochemische Ätzung. Beim Vergleich dieser Kennzeichnungstechnologien gilt es, vorrangig das zu kennzeichnende Substrat, die Flexibilität des Prozesses, Kostenfaktoren, die Geschwindigkeit, den Durchsatz und die Möglichkeiten zur Automatisierung des Kennzeichnungsprozesses zu berücksichtigen.

DPM kann für die unterschiedlichsten Substrate eingesetzt werden, doch jedes Substrat weist spezifische Eigenschaften in Bezug auf Rauheit, Hitzebeständigkeit und Empfindlichkeit auf.

## Drucktechnologie und Eignung von Substraten

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



## Gängige Kennzeichnungsoptionen im Vergleich

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

# Laserkennzeichnung



Die Lasertechnologie ist eine beliebte Lösung für die permanente Kennzeichnung von Teilen. Mit Laser-Kennzeichnungssystemen lassen sich in unterschiedlichsten Produktionsumgebungen deutlich erkennbare, qualitativ hochwertige Codes aufbringen. Die Kennzeichnung erfolgt durch Hitze anstelle von Tinte, weshalb Laser häufig eine besonders schnelle, saubere und wartungsarme Alternative zu anderen Kennzeichnungssystemen sind.

Mit Laser-Kennzeichnungssystemen lassen sich unterschiedlichste Substrate mit qualitativ hochwertigen Codes wie linearen und 2D-Codes, optisch erkennbaren Zeichen und alphanumerischen Inhalten auszeichnen. Unterschiede in der spezifizierten Wellenlänge, bei Markierungskopf und Linse führen je nach Substrat zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Mit einem Laser können verschiedene Effekte erzielt werden. Durch eine chemische Reaktion zwischen Laser und Produkt kommt es zu einer Veränderung der Farbe. Durch das Gravieren der Oberfläche oder dem Abschmelzen bzw. Entfernen der Oberflächenbeschichtung kann eine darunter liegende andere Farbe sichtbar gemacht werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Karbonisierung oder das kontrollierte Verbrennen von Holz oder Pappe. Schließlich lässt sich mit dem Schmelzen verschiedener Kunststoffmaterialien ein erhabener oder konkaver Effekt erzielen.

## Laser-Kennzeichnungsmethoden

	Abbildung	Beschreibung	Materialien	Beispiel
<b>Abschmelzung</b>		Entfernen der obersten Schicht eines in der Regel farbig lackierten Substrats durch Verdampfung der Farbe.	Karton, Kunststoff, Glas, Metall	
<b>Gravur</b>		Stärkere Materialabtragung, sodass im Material eine Vertiefung entsteht.	Kunststoff, Metall	
<b>Temperierung</b>		Das Substrat reagiert mit einer Strukturveränderung auf einen Laserstrahl einer bestimmten Wellenlänge.	Kunststoff	
<b>Farbänderung/ Bleichung</b>		Farbänderung an der Stelle, an der der Laser auf die Oberfläche des Substrats trifft.	PVC, Metall, Kunststoff, Folie	
<b>Innengravur</b>		Entfernen der Farbe im Material ohne Beschädigung der obersten Schicht.	Glas, Plexiglas	
<b>Rissbildung</b>		Das Material reagiert mit der Bildung von Mikrorissen in der Oberfläche auf den Laserstrahl.	Glas	

Bei der Kennzeichnung von Teilen kommen unter anderem Gaslaser wie CO<sub>2</sub>-Laser und Festkörperlaser wie YAG- oder Faser-Laser zum Einsatz. Gaslaser eignen sich besonders zur Kennzeichnung von synthetischen Substraten und Glas. Mit Festkörperlasern lassen sich praktisch alle Arten von Materialien kennzeichnen, Faser-Laser bieten zusätzliche Vorteile wie einen geringen Platzbedarf und eine lange Lebensdauer.

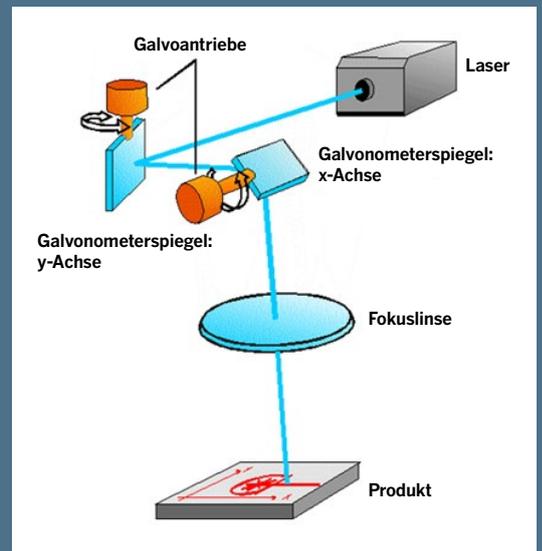


Diagramm zur CO<sub>2</sub>-Lasertechnologie

## Bewertung von Laser-Kennzeichnungssystemen

Lasersysteme stellen eine sehr flexible Methode zur Kennzeichnung von Produkten dar. Sie gestatten daher in den Produktionsprozessen vieler Branchen unter Umständen auch ein hohes Maß an Automatisierung. Der Laser ist eine sehr gute Wahl für schnelle Geschwindigkeiten und geringen Wartungsaufwand. Hochentwickelte Laser bieten größere Kennzeichnungsfelder, sodass mehrere Teile ohne Neuausrichtung des Lasers oder der Komponententräger gekennzeichnet werden können. Das trägt dazu bei, den Durchsatz zu steigern. Große Kennzeichnungsfelder sorgen zudem für optimierte Leistungseinstellungen.

Zwischen den verschiedenen Laser-Kennzeichnungssystemen gibt es durchaus Unterschiede und die Auswahl des richtigen Lasersystems für Ihre Produktionslinie setzt umfassendes Know-how voraus. Es empfiehlt sich, hierbei mit einem Partner zusammenzuarbeiten, der eine breite Auswahl an Laserkonfigurationen anbieten kann. Das erleichtert Ihnen die Auswahl und die Integration einer optimal auf Ihren Bedarf abgestimmten Lösung, sodass Sie nicht ein für Ihre Anwendung überdimensioniertes Lasersystem kaufen.

## Vorteile und Nachteile der Laserkennzeichnung

Mit Lasersystemen lassen sich unterschiedlichste Substrate sehr präzise kennzeichnen. Die Systeme sind also sehr flexibel und bieten eine sehr hohe Lesbarkeit. Lasersysteme sind schneller als Nadelprägung, Continuous Ink Jet und elektrochemische Ätzung, können bei hohen Produktionsmengen also auch dazu beitragen, den Durchsatz und die Effizienz zu steigern. Da keine Verbrauchsmaterialien benötigt werden, lassen sich zudem die Betriebs- und Wartungskosten reduzieren.

Beim Einsatz von Laser-Kennzeichnungssystemen wird das zu kennzeichnende Substrat einer thermischen Belastung ausgesetzt, was unter Umständen zu Schäden am Bauteil führen kann. Zum Schutz der Bediener muss aus Sicherheitsgründen außerdem ein Strahlenschild installiert werden, um das Austreten des Laserstrahls zu vermeiden.



# Continuous Ink Jet (CIJ)



Der CIJ-Druck ermöglicht eine kontaktlose Kennzeichnung verschiedenster Produkte. Bei der CIJ-Technologie wird eine Vielzahl von Tintentropfen über den Druckkopf auf das Druckziel aufgebracht. Ein Tintenstrahl wird aus einer Düse des Druckkopfs gesprüht, welche mittels Ultraschall angeregt wird und dadurch die Tinte zu kleinen Tropfen formt. 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. Mit CIJ-Druckern lässt sich praktisch jede Oberfläche, ob glatt oder uneben, lesbar bedrucken. Zudem können Codes an der Seite, oben, unten und sogar innen auf das Produkt aufgebracht werden. Sie eignen sich ideal für konvexe, konkave, unregelmäßige sowie sehr kleine oder schwer zugängliche Oberflächen, bei denen sich der Einsatz einer kontaktlosen Druckmethode empfiehlt.

Die CIJ-Technologie eignet sich besonders gut für das Drucken von DataMatrix-Codes, denn da der aufgebrachte Code aus einer Vielzahl einzelner Tröpfchen erzeugt wird, lässt sich eine hervorragende Lesbarkeit erzielen. Mit industriellen Ink Jet-Druckköpfen lassen sich zudem auch dann klar erkennbare, saubere Codes aufbringen, wenn der Druckkopf weiter entfernt von der zu kennzeichnenden Oberfläche positioniert ist. Die Anfangsinvestitionen für einen CIJ-Drucker sind in der Regel niedriger als für ein Lasersystem und je nach der gewählten Tinte können unterschiedlichste Materialien bedruckt werden. Diese Drucker zeichnen sich außerdem durch hohe Kennzeichnungsgeschwindigkeiten aus. Sie können mit automatisierten Funktionen ausgestattet werden, die dazu beitragen, dass der richtige Code auf das richtige Produkt aufgebracht wird.

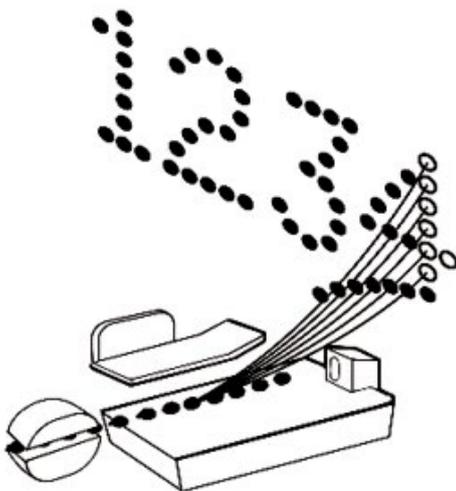


Diagramm der CIJ-Technologie



## Bewertung von CIJ-Druckern

Mit CIJ-Druckern lassen sich einfache Codezeilen erzeugen. Sie eignen sich daher ideal für die Kennzeichnung von Teilen in der Automobil- sowie der Luft- und Raumfahrtindustrie. Sie sind kosteneffizient für Hersteller mit geringem bis mittlerem Produktionsaufkommen und können in die bestehenden Produktionsanlagen einfach integriert werden. CIJ-Tinten trocknen schnell und können sowohl in der Hochgeschwindigkeitsproduktion als auch bei geringeren Produktionsmengen eingesetzt werden. Zudem ist die CIJ-Technologie kontaktlos, sodass die Oberfläche der Teile nicht beschädigt oder anderweitig beeinträchtigt wird.

## Vorteile und Nachteile der CIJ-Kennzeichnung

Beim Ink Jet-Druck fallen im Allgemeinen geringe Anfangsinvestitionen an. Da zudem verschiedenste Substrate bedruckt werden können, lässt sich ein solches System flexibel einsetzen. Die hohen Druckgeschwindigkeiten können außerdem zu einer Steigerung des Durchsatzes beitragen.

Beim Ink Jet-Druck muss jedoch besonders darauf geachtet werden, dass die zu kennzeichnenden Produkte sauber sind, damit der aufgebrachte Code deutlich erkennbar ist. Unter Umständen sind im Produktionsprozess weitere Schritte nötig und der Zeitaufwand steigt. Werden Spezialreiniger benötigt, können auch die Kosten steigen. Ink Jet-Codes sind zwar haltbar, jedoch nicht so widerstandsfähig gegenüber äußeren Einflüssen wie mit Laserkennzeichnungs- oder Nadelpprägungssystemen aufgebrachte Codes. Meistens lassen sich die Codes mit bestimmten Lösungsmitteln entfernen.



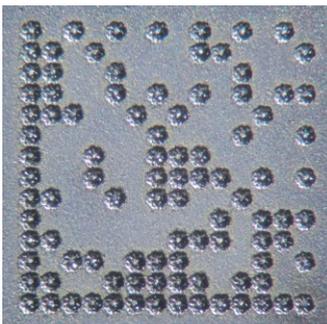
# Nadelprägung und elektrochemische Ätzung

## Nadelprägung

Zwei weitere gängige Kennzeichnungsmethoden in der Automobil- sowie Luft- und Raumfahrtindustrie sind die Nadelprägung und die elektrochemische Ätzung. Bei der Nadelprägung wird mithilfe einer speziellen Nadel eine Vertiefung für jeden Punkt im DataMatrix-Code erzeugt. Der für die präzise Überprüfung benötigte Kontrast entsteht dadurch, dass das Licht von den Vertiefungen und der Oberfläche des Produkts unterschiedlich reflektiert wird. In manchen Fällen wird jeder Punkt des Codes mithilfe von vier sehr nah beieinander positionierten Vertiefungen erzeugt. Dadurch entstehen größere Punkte, die fast quadratisch erscheinen.

## Vorteile und Nachteile der Kennzeichnung mittels Nadelprägung

Bei der Kennzeichnung mittels Nadelprägung fallen im Allgemeinen niedrige Anfangsinvestitionen an und die Produkte können dauerhaft gekennzeichnet werden. Da die Vertiefungen lediglich in die Oberfläche eingebracht werden, kommt es zu keinen Schäden oder anderweitigen Beeinträchtigungen des zu kennzeichnenden Produkts. Die speziellen Nadeln nutzen sich während des Kennzeichnungsprozesses jedoch ab und müssen gewartet bzw. ausgetauscht werden, was fortlaufende Folgekosten nach sich zieht. Zudem ist die Nadelprägung für bestimmte flachere Produkte nicht geeignet, wenn das Material so dünn ist, dass es von den Nadeln durchdrungen werden könnte.



## Elektrochemische Ätzung

Bei der elektrochemischen Ätzung werden dagegen 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. Die Kennzeichnung mittels chemischer Ätzung ist einfach und kostengünstig und ermöglicht trotzdem die Aufbringung qualitativ hochwertiger Codes. Bei diesem Prozess entstehen hochauflösende schwarze Oxid- oder Ätzmarken. Der Prozess eignet sich für weiche und durchgehend gehärtete Metalle.

## Vorteile und Nachteile der elektrochemischen Ätzung

Die elektrochemische Ätzung ermöglicht eine sehr präzise Kennzeichnung mit sehr gut lesbaren Codes. Die Technologie zeichnet sich bei sehr harten Metallen durch hervorragende Leistung und die niedrigsten Investitionskosten aller derzeit gängigen Technologien für die Teilekennzeichnung aus. Sie kann jedoch nur bei metallischen, leitfähigen Materialien eingesetzt werden. Die Materialien, die damit gekennzeichnet werden können, sind also begrenzt. Zudem werden für jeden Code vorgefertigte Schablonen benötigt, was die Flexibilität dieser Technologie weiter einschränkt.

## Fazit:

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

Als weltweit führender Anbieter von Kennzeichnungstechnologien sind wir mit schlanken Produktionsprozessen und den komplexen Anforderungen der Bauteil-Direktbeschriftung vertraut. Jede Produktionsumgebung und jedes Produksubstrat weist spezielle Merkmale auf, die bei der Auswahl einer Kennzeichnungstechnologie berücksichtigt werden müssen.

Die 2D-Kennzeichnung gewinnt in der Industrie an Bedeutung und so setzen die Hersteller verstärkt Laser- oder CIJ-Drucksysteme ein. Im Gegensatz zu einigen anderen Anbietern von Kennzeichnungstechnologien für die Automobil- sowie Luft- und Raumfahrtindustrie bietet Videojet verschiedenste Technologien wie Laser- und CIJ-Lösungen an, um den Kunden die Auswahl der richtigen Lösung zu erleichtern. Viele führende Erstausrüster und Zulieferer vertrauen bei der Auswahl, Integration und Wartung der richtigen Kennzeichnungslösungen für ihre Produktionslinien bereits auf die kompetente Unterstützung durch unsere Kennzeichnungsspezialisten und Servicetechniker. Machen auch Sie sich unser Know-how zusammen mit unseren herausragenden Produkten zunutze, damit Sie auch in schwierigen Umgebungen nahezu unterbrechungsfrei produzieren können.

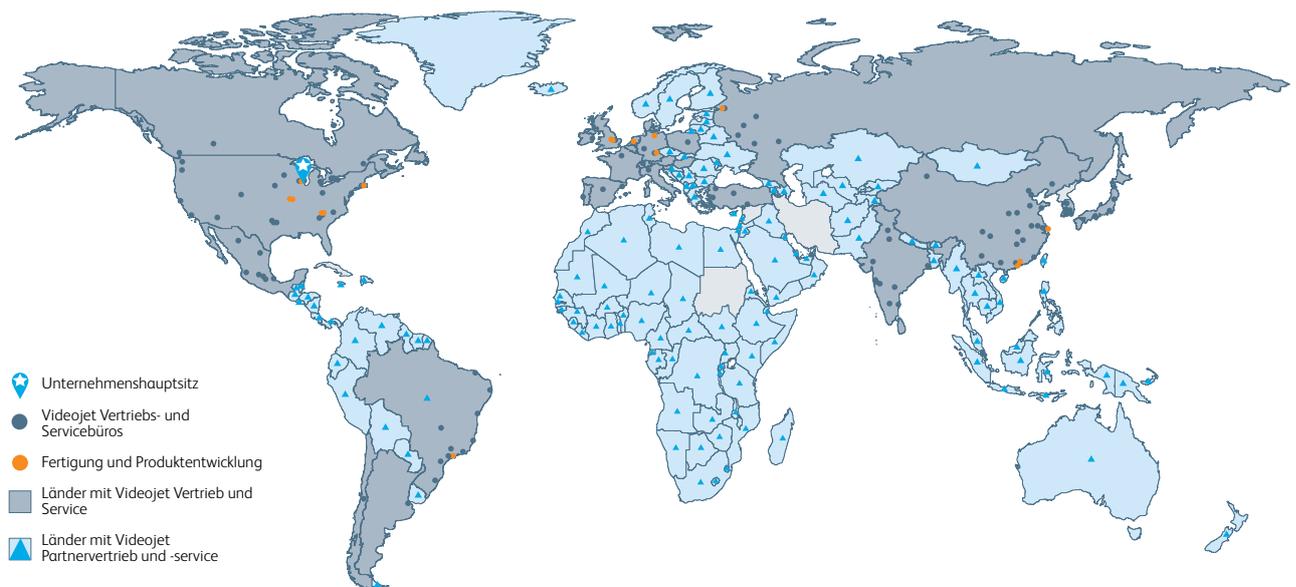
Vertrauen Sie der Erfahrung eines weltweit führenden Anbieters an Kennzeichnungslösungen. Vertrauen Sie Videojet.

# Qualitätssicherung als Standard

Videojet Technologies ist ein weltweit führender Anbieter im Produktkennzeichnungsmarkt. Zum Angebotspektrum 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), Verpackungscodierung und -etikettierung und Wide Array Druck haben wir weltweit über 325.000 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 3.000 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.



Rufen Sie uns an unter **0041 62 388 33 33**  
Schreiben Sie eine E-Mail an  
**info.switzerland@videojet.com**  
oder besuchen Sie **www.videojet.ch**

Videojet Technologies Suisse GmbH  
Gummertliweg 7  
CH-4702 Oensingen

© 2014 Videojet Technologies GmbH – Alle Rechte vorbehalten.  
Videojet Technologies arbeitet ständig an der Verbesserung seiner Produkte. Wir behalten uns das Recht vor, Konstruktion und/oder Spezifikation ohne Ankündigung zu ändern.