

DIN EN 9132

ICS 03.120.10; 49.020

**Luft- und Raumfahrt –
Qualitätsmanagementsysteme –
Data Matrix Qualitätsanforderungen für Teilemarkierung;
Deutsche und Englische Fassung EN 9132:2006**

Aerospace series –
Quality management systems –
Data Matrix Quality Requirements for Parts Marking;
German and English version EN 9132:2006

Série aérospatiale –
Systèmes de management de la qualité –
Exigences qualité du marquage des pièces en code-barres Data Matrix;
Version allemande et anglaise EN 9132:2006

Gesamtumfang 64 Seiten

Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN

Nationales Vorwort

Die Europäische Vereinigung der Hersteller von Luft- und Raumfahrtgerät (AECMA-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde AECMA-STAN Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Die vorliegende Norm EN 9132:2006 wurde von AECMA-STAN, Fachbereich Grundlagen Managementverfahren unter Mitwirkung deutscher Experten des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-05-01 AA „Grundlagen und Managementverfahren“ im Normenausschuss Luft- und Raumfahrt.

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieser EN-Norm die Englische Fassung hinzugefügt.

Deutsche Fassung

Luft- und Raumfahrt —
Qualitätsmanagementsysteme —
Data Matrix Qualitätsanforderungen für Teilemarkierung

Aerospace series —
Quality management systems —
Data Matrix Quality Requirements for Parts Marking

Série aéronautique —
Systèmes de management de la qualité —
Exigences qualité du marquage des pièces en
code-barres Data Matrix

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 3. Februar 2006 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Einleitung.....	4
2 Normative Verweisungen.....	4
3 Anforderungen an die Markierung	5
4 Verifizierung der Markierung	20
5 Validierung und Überwachung der Markierung.....	20
Anhang A (informativ) Leitlinien für die Datenkapazität beim Nadelprägen für ausgewählte Oberflächenfeinstrukturen.....	21
Anhang B (informativ) Nadelprägung – Empfehlung zum Schleifen der Markiernadel	23
Anhang C (informativ) Beispiele von geforderten Toleranzen in Abhängigkeit von der Modulnenngröße beim Nadelprägen	24
Anhang D (informativ) Beispielverfahren zur Überprüfung der Merkmale bei der Nadelprägung.....	26
Anhang E (informativ) Leitlinien für die Bewertung der visuellen Qualität – Elektrochemische Gravur	30

Vorwort

Dieses Dokument (EN 9132:2006) wurde vom Verband der Europäischen Luft- und Raumfahrtindustrie – Standardisierung (AECMA-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat diese Norm die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2006, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2006 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder] CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Einleitung

1.1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt einheitliche Qualitätsanforderungen und die technischen Lieferbedingungen in Bezug auf die Markierung von metallischen Teilen unter Anwendung der „Data-Matrix-Symbologie (Codeschemata)“ fest, die in der Luft- und Raumfahrtindustrie eingesetzt wird. ISO/IEC 16022 legt die allgemeinen Anforderungen (Datenzeichencodierung, Regeln zur Fehlerkorrektur, Decodieralgorithmus usw.) fest. Ergänzend zur ISO/IEC 16022-Spezifikation unterliegt die Teilekennzeichnung mit einem derartigen Codeschema den folgenden Anforderungen, um ein elektronisches Lesen des Symbols sicherzustellen.

Folgende Markierverfahren sind in der vorliegenden Norm enthalten:

- Nadelprägung (Punktprägung);
- Lasergravur;
- elektrochemische Gravur.

Bei Bedarf werden weitere Markierverfahren aufgenommen.

Die vorliegende Norm legt nicht die zu codierenden Angaben fest.

Falls in der vertraglichen Geschäftsbeziehung nicht anders festgelegt, muss das für die Gestaltung des Teils verantwortliche Unternehmen die Lage der Data-Matrix-Markierung bestimmen. Die Lage des Symbols sollte zur besseren Lesbarkeit eine optimale Beleuchtung von allen Seiten ermöglichen.

1.2 Vereinbarungen

Folgende Vereinbarungen finden in der vorliegenden Norm Anwendung:

- Das Wort „müssen“ weist auf verbindliche Anforderungen hin.
- Das Wort „sollten“ weist auf Anforderungen hin, die bei Einhaltung der grundsätzlichen Methodik eine gewisse Flexibilität zulassen. Hersteller, die andere Vorgehensweisen zur Erfüllung einer mit „sollten“ verbundenen Anforderung wählen, müssen in der Lage sein aufzuzeigen, dass ihre Vorgehensweise dem Zweck der Anforderung der vorliegenden Norm entspricht.
- Die Wörter „typisch“, „Beispiel“, „als Hinweis“ oder „z. B.“ verweisen auf Vorschläge, die nur als Leitfaden angeführt sind.
- Die Anhänge zu diesem Dokument dienen nur der Information und sind zur Anwendung als Leitfaden angeführt.
- Maße werden in diesem Dokument wie folgt verwendet. Sofern nicht anders angegeben sind nach der metrischen Größenangabe in Millimeter in Klammern die Angaben in Zoll angeführt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO/IEC 16022, *Information Technology — International Symbology Specification — Data Matrix*

EN 9102, *Luft- und Raumfahrt — Qualitätsmanagementsysteme — Erstmusterprüfung*

3 Anforderungen an die Markierung

3.1 Allgemeine Anforderungen

— Zeilen und Spalten:

Die mit der Data-Matrix-Symbologie verbundenen Zeilen und Spalten müssen ECC200 in ISO/IEC 16022 entsprechen.

— Quadrat versus Rechteck:

Die Matrix darf nach den Anforderungen von ECC200 quadratisch oder rechteckig sein. Zum leichteren Lesen ist die quadratische Form zu bevorzugen.

— Ruhezone:

Die Ruhezone (der Rand) um die Matrix herum muss mindestens die Größe eines (1) Moduls aufweisen.

— Runde Oberfläche:

Wenn die Markierung auf einer runden/gekrümmten Oberfläche erfolgt, darf das Symbol höchstens 16 % des Durchmessers (oder 5 % des Umfangs) bedecken.

— Größe des Symbols:

Zur Erleichterung des elektronischen Lesens des Symbols sollte die Gesamtgröße des Symbols weniger als 25,4 mm (1 000 Zoll), Außenmaß, längste Seite, betragen. Unabhängig von der verwendeten Matrixgröße gelten die in der vorliegenden Norm enthaltenen Anforderungen.

— Winkelverzerrung des Symbols:

Die Winkelabweichung der 90°-Achsen zwischen Zeile und Spalte darf ± 7 Grad nicht überschreiten (siehe nachstehend Bild 1).

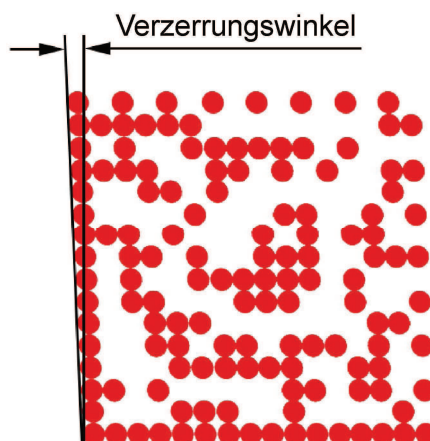


Bild 1 — Verzerrungswinkel

3.2 Nadelprägung

3.2.1 Beschreibung des Verfahrens

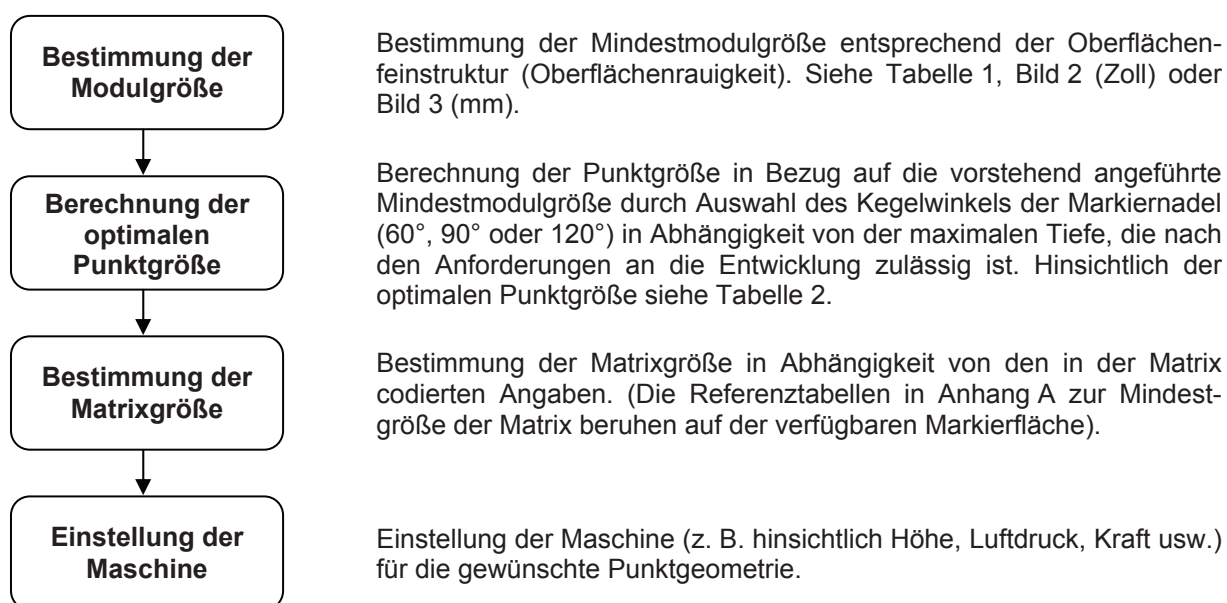
Bei dem Markierverfahren durch Nadelprägung werden üblicherweise mit einer mit Druckluft oder elektro-mechanisch betriebenen Nadel, auch bekannt als Markiernadel, runde Vertiefungen auf der Oberfläche eines Teils erzeugt. Entscheidend für die Lesbarkeit von Symbolen, die durch Nadelprägung erstellt wurden, sind die Form und Größe der geprägten Punkte sowie deren Abstand. Die Punktgröße und das Erscheinungsbild werden hauptsächlich durch den Kegelwinkel der Markiernadel, die Prägekraft und die Härte des Materials bestimmt. Der erzeugte geprägte Punkt sollte geeignet sein, Licht zu absorbieren oder zu reflektieren, und hinreichend groß sein, um von der Oberflächenrauigkeit der Teile unterschieden werden zu können. Auch sollte sein Abstand hinreichend groß sein, um verschiedenen Modulgrößen (Zellgrößen), der Anordnung und der Beleuchtung Rechnung zu tragen.

Die mit der Markierung und dem Lesen von durch Nadelprägung auf Metall erzeugten Symbolen verbundenen Merkmale unterscheiden sich von auf Papier gedruckten Symbolen. Der erste wesentliche Unterschied besteht darin, dass der Kontrast zwischen dunklen und hellen Feldern durch künstliche Beleuchtung des Symbols erzeugt wird. Deshalb können sowohl Form, Größe und Abstand des Moduls als auch die Oberflächenbeschaffenheit des Teils die Lesbarkeit des Symbols beeinflussen.

Entscheidend für ein erfolgreiches Projekt zur Markierung durch Nadelprägung und zum Lesen der Markierung ist die Kontrolle der Variablen, die die Beständigkeit des Verfahrens beeinflussen. Nachweissysteme für das Lesen des Symbols können in einem bestimmten Umfang eine Rückmeldung bezüglich der Verfahrensparameter zur Verfügung stellen. Betriebs- und Instandhaltungsverfahren für das Markiersystem müssen eingeführt werden, um die Sicherstellung einer gleich bleibenden Symbolqualität zu unterstützen. Zur Prüfung auf Probleme, wie z. B. auf Abnutzung der Markiernadel, sollten Zeitpläne für die planmäßige Instandhaltung aufgestellt werden.

Zur Verbesserung der Lesbarkeit der Symbole sind möglicherweise zusätzliche Verfahren, wie z. B. die Bearbeitung der für die Prägung vorgesehenen Flächen, notwendig. Die Lesbarkeit der Symbole kann auch durch die Reinigung der Oberflächen des Teils vor der Markierung mit einem Schleifvlies zur Entfernung von Beschichtungen, Rost und Verfärbungen oder durch die Anwendung einer Luftbürste zum Wegblasen von überschüssigen Kühlschmierstoffen, Fremdkörpern oder Öl erhöht werden.

3.2.2 Anweisungen zur Bestimmung von Markierparametern



3.2.3 Anforderungen

— Modulnenngröße des Data-Matrix-Symbols:

Die Oberflächenfeinstruktur des Teils wirkt sich auf die Qualität eines durch Nadelprägung erzeugten Data-Matrix-Symbols aus. In Tabelle 1 und den Bildern 2 und 3 sind die Anforderungen an die lesbare Mindestmodulgröße in Abhängigkeit von der Oberflächenfeinstruktur des Teils dargestellt. Die für die Entwicklung verantwortliche Stelle muss Änderungen der Mindestmodulgröße genehmigen.

Tabelle 1 — Lesbare Mindestmodulgröße in Abhängigkeit von der Oberflächenfeinstruktur (Ra)

Oberflächenfeinstruktur (Ra)		Mindestmodulgröße	
Mikrozoll	Mikrometer	Zoll	Millimeter
32	0,8	0,007 5	0,19
63	1,6	0,008 7	0,22
95	2,4	0,012 2	0,31
125	3,2	0,016 1	0,41
250	6,3	0,023 6	0,60

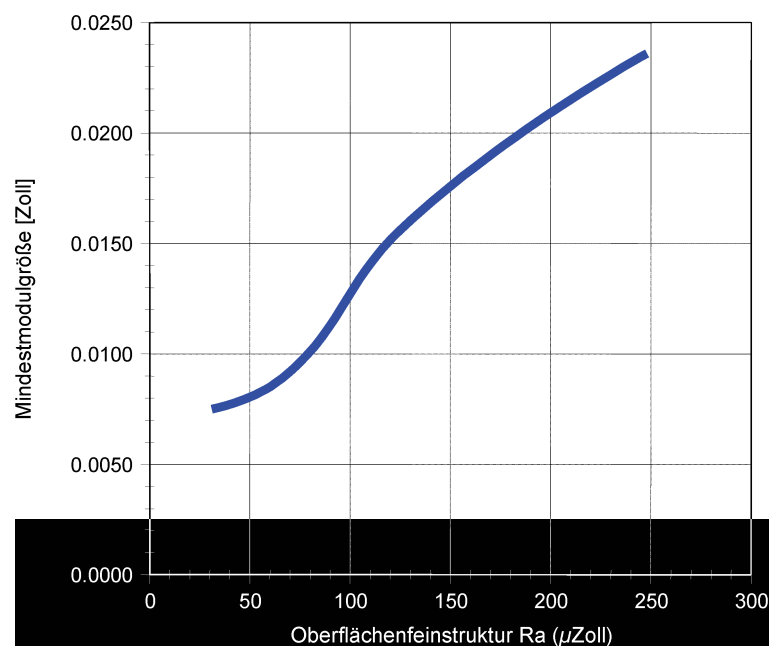


Bild 2 — Mindestmodulgröße (Zoll) in Abhängigkeit von der Oberflächenfeinstruktur (μZoll)

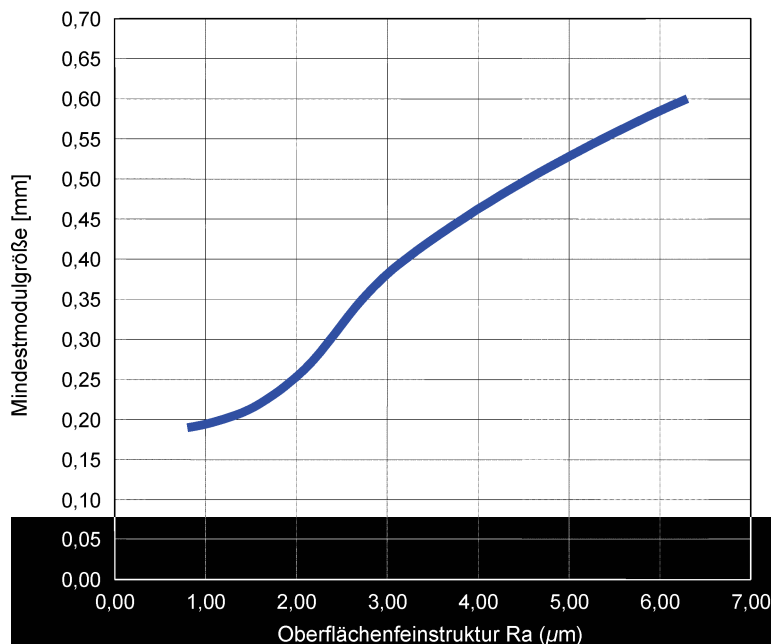


Bild 3 — Mindestmodulgröße (mm) in Abhängigkeit von der Oberflächenfeinstruktur (μm)

— Datenkapazität:

Zu informativen Zwecken sind in den Tabellen zur Nadelprägung in Anhang A die Symbolgröße und die Datenkapazität (Speicherkapazität) im Vergleich zur Modulnenngröße und der Anzahl der Zeilen und Spalten in Abhängigkeit von der Oberflächenfeinstruktur angeführt. Diese Tabellen beruhen auf praktischen Prüfungen.

— Qualitätsanforderungen an das Data-Matrix-Symbol:

Nachstehend sind die Anforderungen an die Symbolqualität der Data-Matrix-Codierung und der Markiereinrichtung angeführt; diese können sich jedoch in Abhängigkeit von den Anforderungen an und die Verantwortlichkeit für die Gestaltung ändern.

Die **Prägetiefe** unterliegt den Anforderungen an die Entwicklung. Die Prägetiefe beruht auf den Anforderungen an das Verfahren, der Widerstandsfähigkeit gegen bestimmte Umwelteinflüsse und auf weiteren Kriterien für die Materialauswahl.

Der **Radius der Markiernadel** unterliegt ebenfalls den Anforderungen an die Entwicklung. Die maximale Toleranz darf 10 % des Radius der Markiernadel nicht überschreiten.

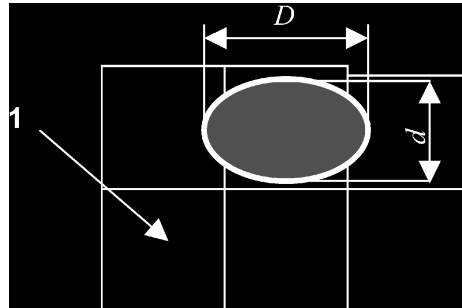
Oberflächenfarbe und Gleichmäßigkeit der Farbe dürfen als eine den Anforderungen an die Entwicklung festgelegt werden. Um eine bestmögliche Lesbarkeit zu erreichen, sollten Schwankungen in der Oberflächenfarbe auf ein Mindestmaß verringert werden.

Der **Kegelwinkel der Markiernadel** (siehe α in Anhang B) unterliegt den Anforderungen an die Entwicklung. Die zulässigen Kegelwinkel sind 60° , 90° und 120° . Die Toleranzen des Kegelwinkels müssen $\pm 2^\circ$ betragen. Für eine allgemein übliche Qualität der Markierung und Lebensdauer der Markiernadel wird ein Kegelwinkel von 120° bevorzugt.

Die **Oberfläche der Nadelspitze** muss poliert sein. Die Oberflächenfeinstruktur darf nicht mehr als $32 \mu\text{Zoll}$ bzw. $0,8 \mu\text{m}$ betragen. Hinweise zum Schleifen sind in Anhang B angeführt.

Die **Konzentrität der Nadelspitze** sollte $0,04 \text{ mm}$ ($0,0016 \text{ Zoll}$) hinsichtlich des gesamten Anzeigewertes oder $0,02 \text{ mm}$ ($0,0008 \text{ Zoll}$) hinsichtlich der radialen Verschiebung der Spitze betragen. Die Konzentrität der Nadelspitze bezieht sich auf die Mittelachse der Markiernadel. Das Schleifen von Nadelspitzen mit der Hand ist nicht zulässig.

Die **Punktgröße** darf 105 % der Modulnenngröße nicht überschreiten und darf nicht kleiner sein als 60 % der Modulnenngröße. Die Unrundheit (siehe nachstehend Bild 4) des Punktes darf nicht mehr als 20 % der Modulgröße betragen. Nicht mehr als 2 % der Gesamtanzahl von Modulen dürfen Punkte enthalten, die außerhalb dieser Bereiche liegen. Die Mindestpunktgröße darf nicht kleiner sein als 0,132 mm (0,005 4 Zoll), sofern nicht anders von der für die Entwicklung verantwortlichen Stelle genehmigt.



Legende

1 Modul

$D - d \leq 20\%$ der Modulgröße

Bild 4 — Festlegung der Unrundheit

In Tabelle 2 sind die Grenzwerte für die Punktgröße und die Verschiebung der Punktmitte angegeben, die unabhängig von der Modulnenngröße anwendbar sind.

Tabelle 2 — Grenzwerte für die Punktgröße und die Verschiebung der Punktmitte

Merkmal	Anforderung
Kegelwinkel der Nadelspitze	120°, 90°, 60°
Radius der Nadelspitze	unterliegt den Anforderungen an die Entwicklung
Punktgröße (% der Modulnenngröße)	60 % bis 105 %
Verschiebung der Punktmitte (% der Modulnenngröße)	0 % bis 20 %
Verzerrungswinkel	$\pm 7^\circ$

In den Bildern 5 und 6 sind die Modulnenngröße, die Verschiebung der Punktmitte und die Punktgröße festgelegt.

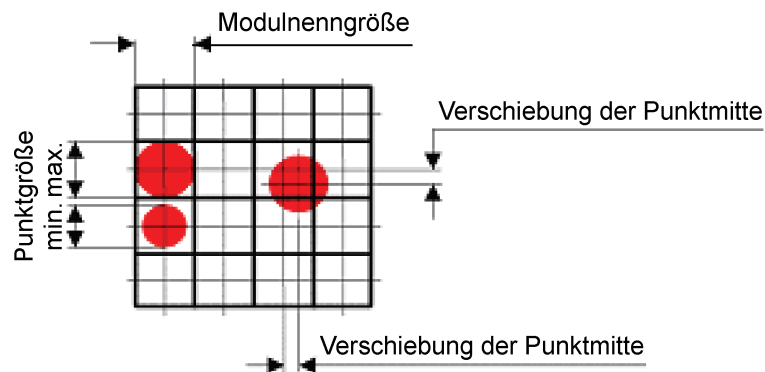


Bild 5 — Festlegung von Modulnengröße, Punktgröße und Verschiebung der Punktmittle

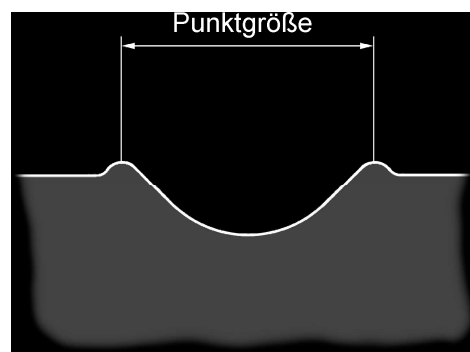


Bild 6 — Genaue Festlegung der Punktgröße

Anhang C (Tabelle C.1 in Zoll und Tabelle C.2 in Millimeter) enthält Beispiele für die erforderlichen Toleranzen bezogen auf die Modulnengrößen.

- Markierung entsprechend der Data-Matrix-Symbologie auf gefärbten oder beschichteten Oberflächen:
Wenn sich die Markierung auf einer gefärbten oder beschichteten Oberfläche befindet, sollten die Markierparameter in einer realen Produktionsumgebung an Teilen aus der Produktion oder repräsentativen Teilen validiert werden. Das Markierverfahren muss allen hier angeführten Anforderungen entsprechen und muss nach den Abschnitten 4 und 5 verifiziert und validiert werden.
- Markierung entsprechend der Data-Matrix-Symbologie auf Oberflächen, die einer weiteren Oberflächenbehandlung mit Schleifverfahren unterzogen werden:
Oberflächenbehandlungen, wie z. B. Kugelstrahlen und Entgraten, können die Qualität eines Data-Matrix-Symbols beeinträchtigen. Deshalb sollten die Markierparameter in einer realen Produktionsumgebung an Teilen aus der Produktion nach der Oberflächenbehandlung validiert werden. Das Markierverfahren muss allen hier angeführten Anforderungen entsprechen und muss nach den Abschnitten 4 und 5 verifiziert und validiert werden.

3.3 Laserprägung

3.3.1 Beschreibung des Verfahrens

Markierung mit Laser

Die Lasermarkierung ist ein Verfahren, bei dem die Wärmeenergie des Laserstrahls zum Verdampfen, Schmelzen/Aufschmelzen oder Verändern des Zustands der Oberfläche genutzt wird.

Aufgrund der Wechselwirkung des Laserstrahls mit der Materialoberfläche darf die Lasermarkierung in den folgenden Fällen nicht eingesetzt werden, sofern es nicht durch die für die Entwicklung verantwortliche Stelle speziell genehmigt wurde:

- a) Klassifizierte ¹⁾ Bauteile
- b) Titanlegierungen

ANMERKUNG Jede Abweichung von der vorstehend angegebenen Auflistung erfordert die Zustimmung der für die Entwicklung verantwortlichen Stelle.

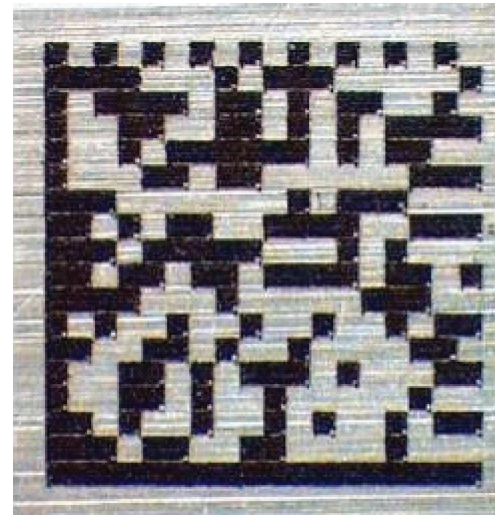


Bild 7

Allgemeine Angaben

Jedes Lasermarkiersystem besteht aus einer Laserquelle (Nd-YAG, CO₂ usw.) und einem Strahlführungssystem (Optik). Der Laserstrahl wird als ein Lichtkegel erzeugt, der durch das Strahlführungssystem so fokussiert wird, dass in einem bestimmten Abstand von der Endlinse (Arbeitsabstand) ein paralleler Lichtstrahl entsteht. Der Strahl bleibt für einen Sollabstand parallel, bevor er beginnt, erneut zu divergieren; dieser Abstand, der als Tiefenschärfe des Lasers definiert wird, ist wiederum abhängig von der konkreten optischen Anordnung. Der Durchmesser des Strahls ist als Lichtfleckgröße des Lasers bekannt. Sämtliche dieser Parameter hängen von der konkreten optischen Anordnung der Lasermarkierstation ab.

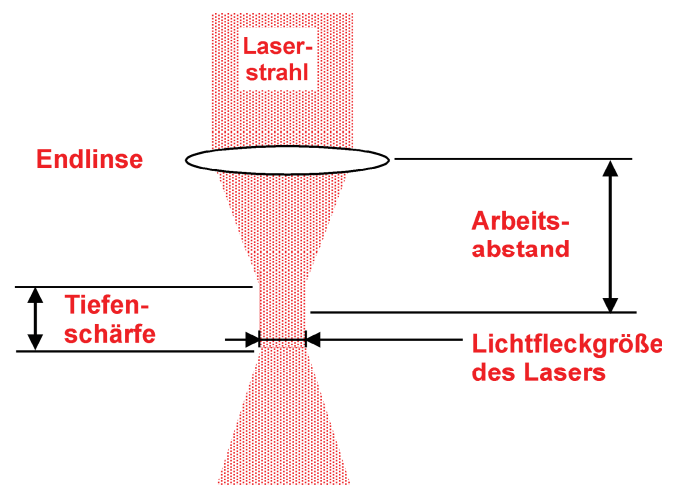


Bild 8 — Schematische Darstellung eines typischen Laserstrahlprofils im Arbeitsbereich

Theoretisch muss der Laser zur Sicherstellung einer annehmbaren Qualität der Markierung im parallelen Bereich auf die zu markierende Oberfläche treffen, d. h. nominell im Arbeitsabstand der Endlinse. Keine Höhenschwankung in der zu markierenden Oberfläche (durch eine Krümmung des Teils oder andere geometrische Änderungen) sollte größer sein als die Tiefenschärfe – Abweichungen davon führen zum Verlust der Deutlichkeit der Markierung, da der Strahl defokussiert wird. Außerdem sollte beachtet werden, dass es, da die Lichtfleckgröße des Lasers die Auftrefffläche des Strahls bestimmt, nicht möglich ist, eine Data-Matrix-Codierung zu erzeugen, bei der die Modulnengröße kleiner ist als die Lichtfleckgröße des Lasers.

1) Die Teileklassifizierung ist Aufgabe der für die Entwicklung verantwortlichen Stelle und wird von den Ergebnissen einer geeigneten Fehleranalyse bestimmt. Die Teileklassifizierung bezieht sich auf die Bauart des Teils, dessen Versagen den Betrieb ernsthaft stört. Die Teileklassifizierung wird durch die Spezifikation des Bauteils vorgeschrieben.

Laserätzung/-gravur

Diese Markierung umfasst den Einsatz des Lasers zum örtlichen Verdampfen und Schmelzen des Materials, wobei eine eingravierte Markierung entsteht. Aufgrund der starken Wärmeentwicklung durch den Laserstrahl verbleiben Rückstände von wiederverfestigtem Material (weiße Schicht, recast layer) innerhalb der Markierung. Außerdem ist möglicherweise in Abhängigkeit von der Art des Materials eine örtliche Änderung der mikrostrukturellen Eigenschaften (Wärmeeinflusszone) zu beobachten. Wenn bisherige Erfahrungen darauf hinweisen, dass ein Bauteil extremen Belastungen ausgesetzt ist, ist Vorsicht bezüglich der Eignung dieses Verfahrens ratsam. Zudem kann die hohe Wärmezufuhr durch den Laser in bestimmten Fällen eine Verformung des Bauteils über die in der Zeichnung angegebenen Grenzwerte hinaus bedingen, was auch dazu führen kann, dass dieses Markierverfahren ungeeignet ist. Laserätzung/-gravur darf auch verwendet werden, um einen Beschichtungsstoff oder eine andere Beschichtung selektiv von einem Bauteil zu entfernen. Wenn die Beschichtung ursprünglich als eine Art des Korrosionsschutzes aufgebracht wurde, sollte jedoch die Möglichkeit einer örtlichen Korrosion berücksichtigt werden. Eine Zunahme der Tiefe der Markierung führt zu einer Verbesserung der Lesbarkeit unter Betriebsbedingungen. Das hat möglicherweise eine nachteilige Wirkung auf die örtliche Unversehrtheit der Oberfläche, die auch durch das Ausmaß der weißen Schicht, der Wärmeeinflusszone und der Bildung von Mikrorissen beeinflusst wird. Es ist deshalb Aufgabe der für die Entwicklung verantwortlichen Stelle, in Abhängigkeit von der Verwendung des Bauteils die annehmbaren Grenzwerte für die Tiefe festzulegen.

ANMERKUNG Nicht alle Lasermarkierstationen können eine eingravierte Markierung auf metallischen Werkstoffen erzeugen; das hängt vom Lasermedium ab.

Maßnahmen zur Verbesserung der Lasermarkierung

Es gibt Materialien und Verfahren, die die Lasermarkierung wie folgt unterstützen können:

- Erhöhung des Kontrastes der Markierung;
- Möglichkeit der Markierung eines breiteren Spektrums von Teilen;
- Verringerung der Zykluszeit der Lasermarkierung;
- Verringerung der erforderlichen Laserleistung;

1) Laser-Aufschmelzen

Diese Markierung schließt die Verwendung eines Aufschmelzmediums ein, das auf die zu markierende Oberfläche aufgebracht wird. Der darauf gerichtete Laser verbindet örtlich begrenzt das Medium mit dem metallischen Trägermaterial, wobei eine erhabene Markierung entsteht. Die Rückstände des Mediums werden anschließend entfernt. Aufgrund der Tatsache, dass sich die Markierung über die Oberfläche erhebt, sollte sie nicht auf Anschlussflächen angewendet werden. Außerdem sollte die Markierung nicht in Bereichen werden, in denen Reibverschleiß der Markierung oder angrenzender Teile ausgelöst werden kann.

ANMERKUNG Dieses Markierverfahren erfordert zusätzliche Verbrauchsmaterialien. Außerdem ist eine sorgfältige Kontrolle des Prozesses erforderlich, da der Laser nur das Medium und nicht die darunterliegende Trägerschicht schmelzen darf. Falls letzteres eintritt, ist unterhalb der Markierung eine Agglomeration von wiederverfestigtem Medium und Trägermaterial zu finden und es ist nicht möglich, die Auswirkungen auf die Materialeigenschaften quantitativ zu bestimmen.

2) Lasermarkierung – Farbpigmentierung

Zu einigen Kunststoffen können in geringen Mengen Chemikalien hinzugefügt werden, die unter Lasereinwirkung reagieren und eine Farbänderung hervorrufen. Das kann ausgenutzt werden, indem die Chemikalien in einen Beschichtungsstoff eingearbeitet werden, was unter Lasereinwirkung zu einer örtlichen Farbänderung durch den Beschichtungsstoff führt, ohne diesen zu entfernen, d. h. daraus ergibt sich kein Verlust des Korrosionsschutzes. In einigen Fällen kann eine Langzeitbeanspruchung durch natürliches Licht dazu führen, dass sich der Farbkontrast über die Zeit verringert; deshalb sollte die erforderliche Lebensdauer der Markierung berücksichtigt werden.

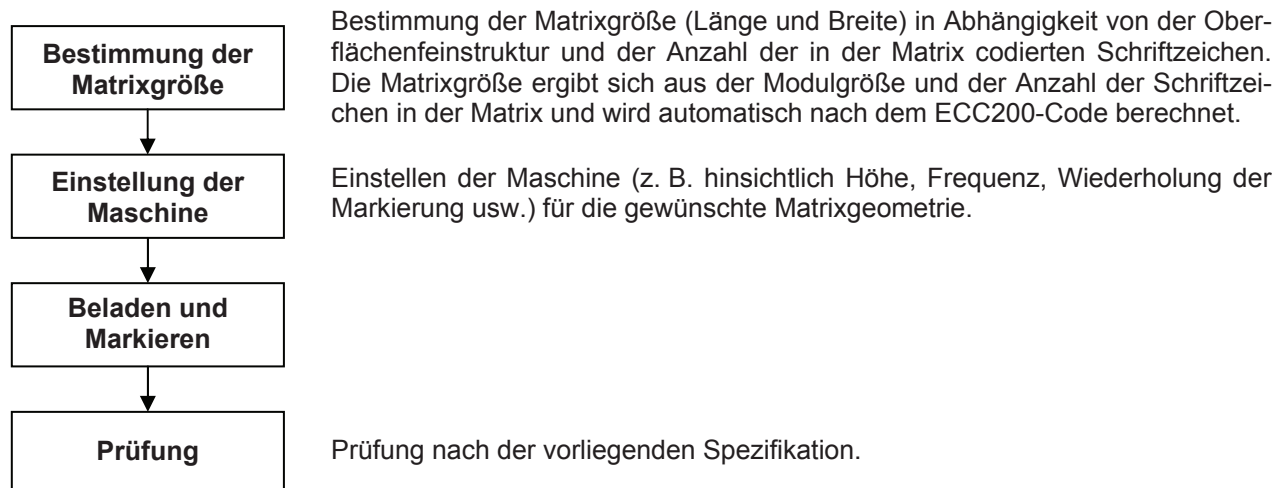
Laserbedingte Verfärbung

Bei dieser Markierung wird eine geringere Energiedichte als bei der Markierung mit Materialentfernung angewendet. Die Wärme des Lasers verfärbt die Materialoberfläche ohne damit verbundene Entfernung von Metall, was zu einer bündigen und glatten Markierung führt. Variationen in der Farbänderung können durch Verändern der Laserparameter erreicht werden und es kann eine Vielzahl von Oberflächeneffekten erzielt werden, die üblichen Luft- und Raumfahrt-Anwendungen erfordern jedoch eine kontrastreiche Markierung. Da die Markierung auf einer wärmebedingten Oberflächenverfärbung beruht, ist sie ungeeignet für Anwendungen, bei denen die Betriebstemperatur des Bauteils zu einer signifikanten Oxidierung des Teils führt, für Teile, die beim Betrieb oder bei der Nachbearbeitung einer aggressiven Umgebung ausgesetzt sind, oder wenn die Gefahr des Reibverschleißes der Markierung besteht. Aufgrund ihrer verhältnismäßig schonenden Anwendung kann sie als geeignet für dünnwandige Teile und Bauteile mit geringeren Betriebstemperaturen angesehen werden.

3.3.2 Einschränkungen

Die Lasermarkierung ist nur zulässig, wenn es in der Bauteilspezifikation festgelegt ist oder wenn es den Anforderungen an die Entwicklung entspricht. Wenn die Lasermarkierung bei Bauteilen aus monokristallinen Materialien oder Titanlegierungen angewendet werden soll, muss der Nachweis erbracht werden, dass sich das Verfahren nicht nachteilig auf die Eigenschaften des Bauteils auswirkt, wobei diese Anforderung zusätzlich zu den Prüfanforderungen nach den Abschnitten 4 und 5 gilt. Die Teilemarkierung mit Laser muss in einer gesonderten innerbetrieblichen Spezifikation beschrieben werden.

3.3.3 Anweisungen zur Bestimmung von Markierparametern



3.3.4 Anforderungen

Die Modultiefe unterliegt den Anforderungen an die Entwicklung. Die Modultiefe beruht auf den Anforderungen an das Verfahren, die Widerstandsfähigkeit gegen bestimmte Umweltbedingungen und auf weiteren Kriterien für die Materialauswahl.

Die Oberflächenfarben und der Kontrast der Markierung beeinflussen die Lesbarkeit der Bauteilkennzeichnung. Im Allgemeinen werden dunkle Farben auf helle Oberflächen und helle Markierungen auf dunkle Oberflächen aufgebracht. Die Mindestkontraststufe zwischen der Markierung und deren Trägermaterial sollte in Form eines Unterschieds der Graudichte nicht weniger als 20 % betragen. Kontraststufen können unter Anwendung einer Skala der Graudichte (siehe Bild 9) überprüft werden.

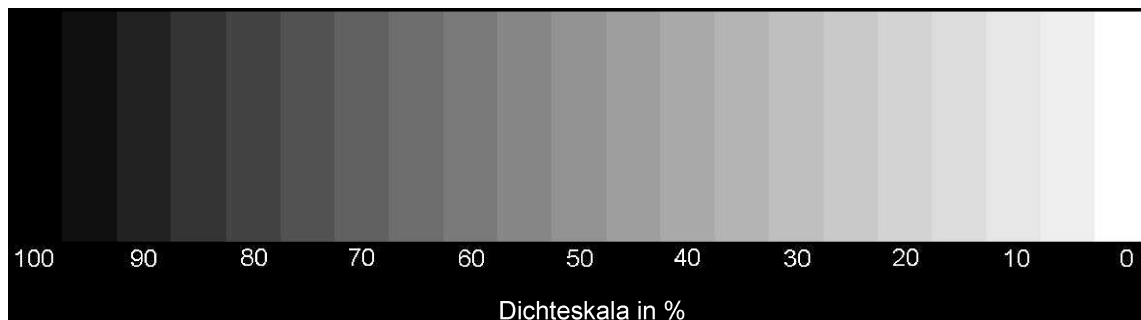


Bild 9 — Eine Skala der Graudichte

Um eine bestmögliche Lesbarkeit zu erreichen, sollten die Verfärbung der ursprünglichen Oberfläche auf ein Mindestmaß verringert werden.

Für eine annehmbare Qualität muss das Modul einen Füllgrad von 60 % bis 105 % der Modulnennggröße aufweisen. Folglich ist zwischen den Modulen eine Überlappung von 5 % zulässig.

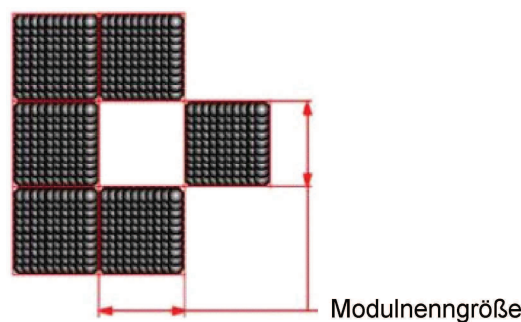


Bild 10 — Graphische Darstellung einer Lasermarkierung mit annehmbarem Füllgrad der Module

3.3.5 Metallographische Charakterisierung

Zur Bestimmung von Markierparametern, die den Anforderungen von Abschnitt 4 entsprechen, müssen verfahrensbezogene Versuche durchgeführt werden. Im Verlauf dieser verfahrensbezogenen Versuche müssen repräsentative Mikroschnitte ausgewertet werden, um sicherzustellen, dass die Markiertiefe von Klartextmarkierungen und die Tiefe und Form von Data-Matrix-Symbolen innerhalb der von der für die Entwicklung verantwortlichen Stelle festgelegten Toleranzen liegen. Außerdem müssen die Abnahmegrenzwerte für die Breite der weißen Schicht und die Risttiefe ebenfalls eingehalten werden. Die Festlegungen zur Modultiefe und -breite sind nachstehend dargestellt.

- Modultiefe bezieht sich auf die maximale Tiefe, die mit dem Laser in einer eingravierten Markierung erreicht wird.

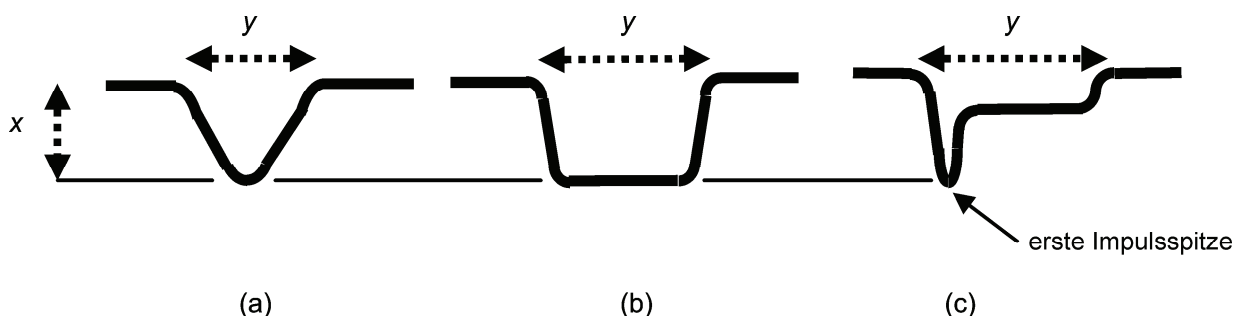


Bild 11 — Darstellung unterschiedlicher durch Lasergravur erzeugter Modulprofile, von denen alle dieselbe Modultiefe (x) haben

ANMERKUNG Die maximale Tiefe der Gravur bestimmt die Auswirkung auf die Materialeigenschaften. Jede Qualitätsminderung des Bauteils unter Betriebsbedingungen, die zu einer Entfernung der Materialoberfläche führt (z. B. Abnutzung, Oxidation usw.) verringert deutlich die effektive Tiefe der Lasermarkierung. Wenn die Modultiefe über dem Modul nicht gleichmäßig ist, führt der Verlust an Tiefe möglicherweise auch zu einer Verringerung des Füllgrades des Moduls. Das kann Auswirkungen auf die Lesbarkeit der Markierung unter Betriebsbedingungen haben. Es ist deshalb wünschenswert, dass nach Möglichkeit für eine gleichbleibende Modultiefe über dem Modul gesorgt wird.

In Bild 11 (a) ist ein typisches Modulprofil für eine sehr kleine Modulgröße (gewöhnlich 0,1 mm/0,004 Zoll) dargestellt, bei dem der Laser spiralförmig die Mitte des Moduls durchquert.

In Bild 11 (b) ist ein typisches Modulprofil für eine größere Modulgröße (gewöhnlich 0,2 mm/0,008 Zoll) dargestellt, bei dem der Laser das Modul in einer Reihe paralleler Bahnen durchquert.

In Bild 11 (c) ist ein typisches Modulprofil bei der Anwendung eines Impulslasers zum Eingravieren einer Markierung dargestellt, wobei die Unterdrückung des ersten Impulses nicht wirksam ausgeführt wird.

- Modulbreite (y) bezieht sich auf die Breite des bei einer eingravierten Markierung entfernten Materials. Sie bezieht sich auch auf die Breite der Färbung bei einer durch Farbbänderung erzeugten Markierung, die Breite von aufgebrachtem Material bei einer Aufschmelzmarkierung.

Verfahrensbezogene Versuche müssen üblicherweise an allen Materialien durchgeführt werden, die für eine Lasermarkierung vorgesehen sind. Wenn unterschiedliche Bauteile aus dem gleichen Material mit Laser markiert werden, sind verfahrensbezogene Versuche nur an einem dieser Bauteile oder an einer repräsentativen Probe erforderlich. Jeder einzelne Laser-Arbeitsplatz sollte validiert werden.

Im Verlauf der verfahrensbezogenen Versuche müssen mindestens die folgenden Parameter festgelegt werden:

- Laser-Arbeitsplatz (Identifizierung der Anlage zur Lasermarkierung);
- Brennweite der Linse (in mm/Zoll);
- Vorschubgeschwindigkeit (in mm je s/Zoll je min);
- Frequenz (in Hz);
- Laserleistung (oder ein anteiliger Wert);
- Markierfrequenz (Wiederholung der Markierung/Anzahl der Durchläufe).

Die Ergebnisse der verfahrensbezogenen Versuche müssen in einem Prüfbericht dokumentiert werden. Wenn einer der vorstehend angeführten Parameter geändert wird, müssen die verfahrensbezogenen Versuche wiederholt werden.

3.3.6 Qualitätssicherung

Die Instandhaltung der Anlagen zur Lasermarkierung muss nach den Anweisungen der Organisationseinheit erfolgen, die für den Instandhaltungsplan verantwortlich ist. Es ist darauf zu achten, dass sichergestellt wird, dass die Laserquelle den festgelegten Anforderungen entspricht.

Zu Sicherstellung einer gleichbleibenden Qualität der Lasermarkierung müssen in Übereinstimmung mit den Qualitätsanforderungen der für die Entwicklung verantwortlichen Stelle in festgelegten Zeitabständen Prüflinge aus mindestens einem Material markiert werden. Mikroschnitte müssen hergestellt und untersucht werden, um zu überprüfen, ob die Anforderungen nach Abschnitt 5 erfüllt werden. Die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

Vor dem erneuten Einsatz einer Anlage zur Lasermarkierung nach längerfristigem Nichtgebrauch, Standortwechsel, Reparaturen der Laserquelle, des Strahlführungssystems oder optischer Bauelemente müssen mindestens drei unterschiedliche Materialien markiert und geprüft werden, um sicherzustellen, dass die Anforderungen nach Abschnitt 5 nach wie vor erfüllt werden.

3.4 Elektrochemische Gravur

3.4.1 Beschreibung des Verfahrens

Das Verfahren beruht auf der elektrochemischen Auflösung und/oder Oxidation von Metall von der zu markierenden Oberfläche durch einen Schablonenabdruck, um die geforderte Markierung zu erhalten.

Das wird erreicht, indem eine Schablone zwischen der zu markierenden Oberfläche (an die Anode der Ätzeinheit angeschlossen) und einem mit Elektrolyt getränkten Filzstempel (an die Kathode angeschlossen) angeordnet wird und zwischen beiden ein Niederspannungsstrom fließt.

3.4.2 Anwendungsbereich

Die elektrochemische Markierung ist nur zulässig, wenn sie von der für die Entwicklung verantwortlichen Stelle festgelegt wurde.

3.4.3 Unterschichtmarkierung

Die Unterschichtmarkierung durch elektrochemische Gravur wird im Allgemeinen durch Anwendung einer kombinierten Ätzung erreicht. Dabei wird ein Gleichstrom und im Anschluss ein oxidierender Wechselstrom angewendet. Die Einstellungen für Leistung und Zeitdauer sind für die unterschiedlichen Material/Teile-Kombinationen verschieden. Die üblicherweise erzeugten Markiertiefen betragen von mindestens 0,0025 mm/0,0001 Zoll bis 0,100 mm/0,004 Zoll.

3.4.4 Oberflächenmarkierung

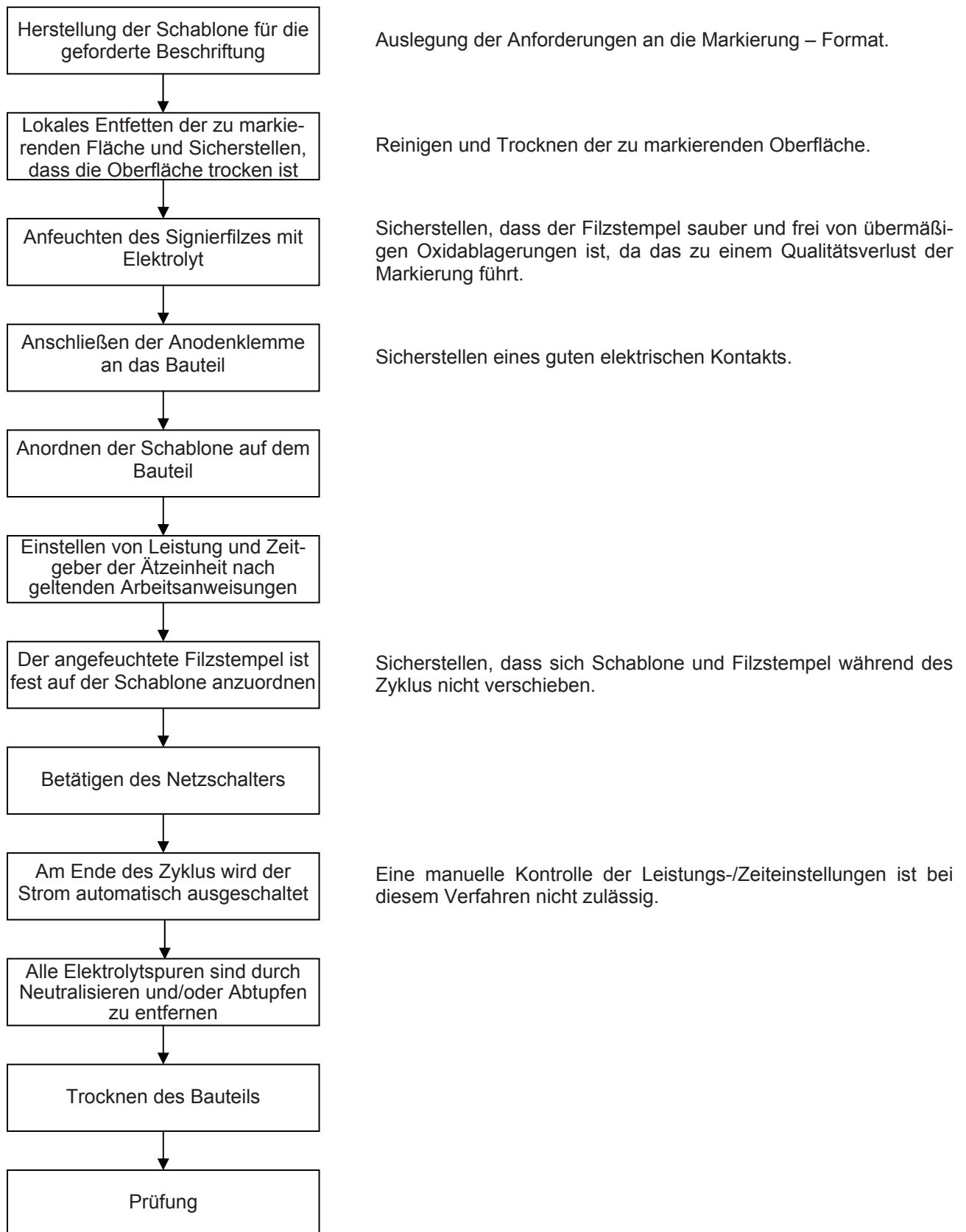
Dabei entsteht auf der Oberfläche des Gegenstandes eine dunkle, dünne Oxidschicht, die eine geringe oder keine Tiefe aufweist. Diese Art der Markierung ist im Allgemeinen weniger dauerhaft als die Unterschichtmarkierung durch elektrochemische Gravur. Deshalb muss die Oberflächenmarkierung durch elektrochemische Gravur von der für die Entwicklung verantwortlichen Stelle zugelassen werden. Bei dem Verfahren wird nur Wechselstrom angewendet. Die Einstellungen für Leistung und Zeitdauer sind für die unterschiedlichen Material/Teile-Kombinationen verschieden.

3.4.5 Bauteile – Zustand

Die Bauteile müssen sauber und frei von Korrosion oder Zunder sein.

Die zu markierende Fläche muss frei sein von nicht leitenden Materialien aus Oberflächenbehandlungen – Beschichtungsstoff, Anodisierung usw. – sein.

3.4.6 Ablaufdiagramm für das Verfahren



3.4.7 Material der Schablone

Das Material und die Herstellung der Schablone sind entscheidend für das Erzielen einer wiederholbaren Qualität der codierten Kennzeichnung. Derzeit stehen vier übliche Arten von Materialien für die Schablone zur Verfügung, das sind:

— Fotografisch geätzte Schablonen

Diese werden in vorgeschrittenen Größen mit Abdrucken der geforderten Abbildung hergestellt. Die Abbildung wird von dem Lieferanten bereitgestellt, der sie auf einer fertigen Platte erzeugt. Die Platte wird anschließend verwendet, um die Abbildung auf die Schablone zu übertragen, die aus einem Hochpräzisions-Polyestersiebgebe besteht. Nachdem die Abbildung fotografisch auf das Schablonenmaterial geätzt wurde, hält die Schablone in Abhängigkeit von den Einstellparametern der Markiereinheit der Markierung von großen Mengen an Teilen stand. Wenn für die Herstellung der Markierung eine hohe Stromstärke angewendet wird, verschlechtert sich die Qualität der Schablone mit einer geringeren Anzahl von Markiervorgängen. Dieses Verfahren könnte bei Anwendungen eingesetzt werden, bei denen sich die Markierdaten zwischen den Markiervorgängen nicht ändern; die Schablonen können jedoch verhältnismäßig teuer sein, obwohl die erzeugte Qualität gut ist.

— Schablonen aus Thermowachs

Das ist ein gefärbtes durchlässiges Papier mit einer Wachsoberfläche. Die Data-Matrix-Abbildung wird mit einem thermischen Verfahren, mit dem das Wachs entfernt wird, auf die dünne Wachsoberfläche gedruckt, wobei die für die Kennzeichnung notwendige Abbildung verbleibt. Das Verfahren neigt dazu, anfällig zu sein; das Wachs wird bei Markierverfahren unter Anwendung einer hohen Stromstärke leicht zersetzt und neigt dazu, unter diesen Bedingungen eine Markierung von mangelhafter Qualität zu erzeugen.

— Gesenkgravur

Die Verwendung von Gesenkgravur-Schablonenpapier zur Herstellung von Markierungen durch elektrochemische Gravur ist bei vielen Anwendungen weit verbreitet. Die Schablone wird aus einem gefärbten durchlässigen Gewebe mit einer dünnen undurchlässigen Schichtstoffoberfläche auf einer Seite der Schablone hergestellt. Zum Stanzen der Löcher durch die Schichtstoffbeschichtung in Form der Data-Matrix-Abbildung wird ein (Punkt-)Matrixdrucker eingesetzt. Die Gesenkgravur-Schablonen sind dauerhaft und können Markierungen von guter Qualität erzeugen. Die wesentlichsten Qualitätsprobleme sind auf die Art und Weise der Schablonenherstellung zurückzuführen. Üblicherweise wird zur Herstellung der Abbildung auf der Schablone ein 24-Nadel-Matrixdrucker eingesetzt. Probleme können durch Ungenauigkeiten beim Druckvorgang auftreten, wie z. B. eine Fehlausrichtung der Löcher im Schablonenpapier gegenüber den Nadeln des Druckers.

— Durch Thermotransferdruck hergestellte Schablone – zum einmaligen Gebrauch

Diese Art des Schablonenmaterials ist dem Gesenkgravur-Papier ähnlich, mit einem durchlässigen Gewebe und einem undurchlässigen Schichtstoff. Der Hauptunterschied besteht darin, dass der Schichtstoff nur Mikrometer dick ist. Der Schichtstoff wird thermisch mit einem Thermodrucker von der Schablone entfernt, wobei die Abbildung auf dem durchlässigen Gewebe verbleibt. Das Verfahren ist im Allgemeinen zuverlässig und erzeugt Markierungen von guter Qualität. Die Schablonen werden üblicherweise einmal verwendet und dann entsorgt. Geringfügige Schwankungen der Druckqualität sind hauptsächlich in der Webart der durchlässigen Gewebestruktur begründet.

3.4.8 Elektrolytlösungen

Es gibt eine große Anzahl von Elektrolytlösungen, deren Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Materialart des Bauteils unterschiedlich sein kann. Da sie jedoch alle dafür ausgelegt sind, eine bestimmte Art der chemischen Einwirkung auf das Material auszuüben, ist es von entscheidender Bedeutung, dass unmittelbar nach dem Abschluss des Markierverfahrens sämtliche Elektrolytspuren von dem gesamten Bauteil gewaschen/entfernt/neutralisiert werden. Ebenfalls von entscheidender Bedeutung ist es, beim Aufbringen oder Entfernen des Elektrolyten darauf zu achten, dass die Elektrolyt- und die Waschlösung nicht in Hohlräume oder Risse zwischen den Teilen fließen dürfen. Die Art/Zusammensetzung und Anwendung der Elektrolytflüssigkeit unterliegen der Aufgabe der für die Entwicklung verantwortlichen Stelle.