

DIN EN 9132

ICS 03.100.70; 03.120.10; 49.020

Ersatz für
DIN EN 9132:2008-02**Luft- und Raumfahrt –
Qualitätsmanagementsysteme –
Data Matrix Qualitätsanforderungen für Teilemarkierung;
Deutsche und Englische Fassung EN 9132:2017**

Aerospace series –
Quality management systems –
Data Matrix Quality Requirements for Parts Marking;
German and English version EN 9132:2017

Série aérospatiale –
Systèmes de management de la qualité –
Exigences qualité du marquage des pièces en code-barres Data Matrix;
Version allemande et anglaise EN 9132:2017

Gesamtumfang 70 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-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 ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Das vorliegende Dokument (EN 9132:2017) wurde von ASD-STAN, Fachbereich Qualität, im Rahmen der IAQG (International Aerospace Quality Group) erstellt.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-05-01 AA „Grundlagen und Managementverfahren (Spiegelausschuss zu ISO/TC 20/SC 14)“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) 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 dieses Dokuments die Englische Fassung hinzugefügt.

Diese Europäische Norm enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheit „in (inch)“, die in Deutschland nicht zugelassen ist. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Einheit im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr aufgrund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen nicht zulässig ist.

Umrechnung:

Nicht zugelassene Einheit	Zugelassene Einheit	Umrechnung
in (inch)	mm	1 inch = 25,4 mm

Änderungen

Gegenüber DIN EN 9132:2008-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Abschnitte Begründung, Vorwort wurden neu aufgenommen;
- b) der Anwendungsbereich wurde auf die Verteidigungsindustrie erweitert;
- c) die bisherigen Abschnitte 3.2.2 und 3.3.3 wurden durch Abbildungen ersetzt, die nachfolgenden Abschnitts- und Bildnummerierungen änderten sich entsprechend;
- d) in Abschnitt 4 wurde der Text hinsichtlich der FAI (en: first article inspection) überarbeitet;
- e) die Reihenfolge der Anhänge D und E wurde getauscht;
- f) die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 9132: 2008-02

Deutsche Fassung

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

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

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

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 4. Dezember 2016 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 des CEN-CENELEC 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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Begründung	5
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
1.1 Vereinbarungen	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Anforderungen an die Markierung	7
3.1 Allgemeine Anforderungen	7
3.2 Nadelprägung	8
3.2.1 Beschreibung des Verfahrens	8
3.2.2 Anforderungen	9
3.3 Lasergravur	13
3.3.1 Beschreibung des Verfahrens	13
3.3.2 Einschränkungen	16
3.3.3 Anforderungen	16
3.3.4 Metallographische Charakterisierung	17
3.3.5 Qualitätssicherung	19
3.4 Elektrochemisches Ätzen	19
3.4.1 Beschreibung des Verfahrens	19
3.4.2 Anwendungsbereich	19
3.4.3 Unterschichtmarkierung	19
3.4.4 Oberflächenmarkierung	19
3.4.5 Bauteile - Zustand	20
3.4.6 Anweisungen zur Bestimmung von Markierparametern durch elektrochemisches Ätzen	20
3.4.7 Material der Schablone	20
3.4.8 Elektrolytlösungen	21
3.4.9 Anforderungen an die Markierung	21
3.4.10 Prüfung	22
3.4.11 Korrosionsschutz	22
3.4.12 Qualitätssicherung	23
4 Verifizierung der Markierung	23
5 Validierung und Überwachung der Markierung	23
6 Anmerkungen	23
Anhang A (informativ) Leitlinien für die Datenkapazität bei der Nadelprägung für ausgewählte Oberflächenbeschaffenheiten	24
Anhang B (informativ) Nadelprägung — Empfehlung zum Schleifen der Markiernadel	26
Anhang C (informativ) Beispiele von geforderten Toleranzen in Abhängigkeit von der Modulnenngröße bei der Nadelprägung	28
Anhang D (informativ) Leitlinien für die Bewertung der visuellen Qualität — Elektrochemisches Ätzen	30
Anhang E (informativ) Beispielverfahren zur Überprüfung der Merkmale bei der Nadelprägung	31

Bilder

Bild 1 — Verzerrungswinkel	7
Bild 2 — Anweisungen zur Bestimmung von Markierparametern.....	8
Bild 3 — Mindestmodulgröße (in) in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit (μin)	9
Bild 4 — Mindestmodulgröße (mm) in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit (μm)	10
Bild 5 — Festlegung der Unrundheit.....	11
Bild 6 — Festlegung von Modulnenngröße, Punktgröße und Verschiebung der Punktmitte	12
Bild 7 — Detailfestlegung der Punktgröße	12
Bild 8 — Beispiel für Data-Matrix-Lasermarkierung.....	13
Bild 9 — Schematische Darstellung eines typischen Laserstrahlprofils im Arbeitsbereich	14
Bild 10 — Anweisungen zur Bestimmung von Markierparametern	16
Bild 11 — Eine Skala der Graudichte	17
Bild 12 — Graphische Darstellung einer Lasermarkierung mit annehmbarem Füllgrad der Module	17
Bild 13 — Darstellung unterschiedlicher durch Lasergravur erzeugter Modulprofile.....	18
Bild B.1 — Toleranz an der Markiernadel.....	26
Bild B.2 — Schleifen.....	27
Bild D.1 — Bewertung der visuellen Qualität	30
Bild E.1 — Punktgröße und Verschiebung der Punktmitte	31
Bild E.2 — Verzerrungswinkel.....	32
Bild E.3 — Beispiel für einen 60°-Winkel der Markiernadel und einen Radius von 0,004	33
Bild E.4 — Ermittlung der Punktgröße	33
Bild E.5 — Messung der Abnutzung der Markiernadel.....	35

Tabellen

Tabelle 1 — Lesbare Mindestmodulgröße in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit (Ra)	9
Tabelle 2 — Grenzwerte für die Punktgröße und die Verschiebung der Punktmitte.....	11
Tabelle A.1 — Oberflächenbeschaffenheit mit Ra = 1,50 μm oder 63 μin	24
Tabelle A.2 — Oberflächenbeschaffenheit mit Ra = 2,40 μm oder 95 μin	24
Tabelle A.3 — Oberflächenbeschaffenheit mit Ra = 3,25 μm oder 125 μin	25
Tabelle A.4 — Oberflächenbeschaffenheit mit Ra = 3,80 μm oder 150 μin	25
Tabelle C.1 — Anforderungen in Inch	28
Tabelle C.2 — Anforderungen in Millimeter	29
Tabelle E.1 — Berechnete Prägetiefe.....	34

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 9132:2017) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-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 August 2017, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2017 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 9132:2006.

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

Begründung

Diese Norm wurde überarbeitet, um den allgemeinen Text/Inhalt zu bereinigen und das Dokument entsprechend dem neuesten Format/der neuesten Stilrichtlinie zu formatieren. Diese Norm wurde erstellt, um einheitliche Qualitätsanforderungen und die technischen Lieferbedingungen in Bezug auf die Markierung von metallischen Teilen zur Verfügung zu stellen, die in der Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie durchgeführt wird. Diese Norm kann als alleinstehende Anforderung oder in Verbindung mit den EN 9100-Normen (d. h. EN 9100, EN 9110, EN 9120) angewendet werden.

Vorwort

Um die Kundenzufriedenheit sicherzustellen, müssen die Organisationen der Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie sichere und zuverlässige Produkte herstellen und ständig verbessern, die die Anforderungen der Kunden und der regelsetzenden Behörde erfüllen oder übertreffen. Die Globalisierung der Industrie und die sich daraus ergebende Vielfalt der regionalen/nationalen Anforderungen und Erwartungen haben die Erreichung dieses Ziels schwieriger gemacht. Die Endprodukt-Organisationen sehen sich der Herausforderung gegenüber, die Qualität von Produkten, die von Lieferanten weltweit und auf allen Ebenen der Lieferkette beschafft wurden, sicherzustellen und diese zu integrieren. Außerdem stehen Zulieferer und Weiterverarbeiter in der Industrie der Herausforderung gegenüber, Produkte an mehrere Kunden zu liefern, die unterschiedlichen Qualitätsanforderungen und -erwartungen haben.

Die Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie hat die International Aerospace Quality Group (IAQG) zu dem Zweck gegründet, dass wesentliche Verbesserungen in der Qualität und Sicherheit sowie eine Kostenreduzierung in der gesamten Wertschöpfungskette erreicht werden. Diese Organisation besteht aus Vertretern von Unternehmen in Amerika, Asien/Pazifik und Europa. Dieses Dokument normt die Data Matrix Qualitätsanforderungen für die Markierung von in der Industrie eingesetzten Teilen. Aufgrund des Wegfallens oder der Reduzierung von organisationsspezifischen Anforderungen und den sich daraus ergebenden Abweichungen, die diesen vielen Erwartungen inhärent sind, sollte die Festlegung von gemeinsamen Anforderungen zur Anwendung auf allen Ebenen der Lieferkette durch Organisationen zu einer verbesserten Qualität und Sicherheit und geminderten Kosten führen.

1 Anwendungsbereich

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

Folgende Markierverfahren sind in der vorliegenden Norm enthalten:

- Nadelprägung (Punktprägung);
- Lasergravur;
- elektrochemisches Ätzen.

Bei Bedarf werden weitere Markierverfahren aufgenommen.

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 Lesbarkeit eine optimale Beleuchtung von allen Seiten ermöglichen.

Die vorliegende Norm legt nicht die zu codierenden Angaben fest.

1.1 Vereinbarungen

Folgende Vereinbarungen finden in der vorliegenden Norm Anwendung:

- Das Wort „muss“ weist auf verbindliche Anforderungen hin.
- Das Wort „sollte“ weist auf Anforderungen hin, die bei Einhaltung der grundsätzlichen Methodik eine gewisse Flexibilität zulassen. Hersteller, die andere Vorgehensweisen zur Erfüllung einer mit „sollte“ verbundenen Anforderung wählen, müssen in der Lage sein aufzuzeigen, dass ihre Vorgehensweise dem Ziel der Anforderung der Norm entspricht.
- Die Wörter „typisch“, „Beispiel“, „in Bezug“ 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 (mm) in runden Klammern die Angaben in inch (in) angeführt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

EN 9102, *Luft- und Raumfahrt — Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen an die Erstmusterprüfung*

ISO/IEC 16022, *Information technology — Automatic identification and data capture techniques — Data Matrix bar code symbology specification*

3 Anforderungen an die Markierung

3.1 Allgemeine Anforderungen

a) Zeilen und Spalten:

Die mit der Data-Matrix-Symbologie verbundenen Zeilen und Spalten müssen der ECC 200-Fehlerprüfung und -korrektur (en: Error Checking and Correcting, ECC) (siehe ISO/IEC 16022) entsprechen.

b) Quadrat versus Rechteck:

Die Matrix darf nach den Anforderungen von ECC 200 (siehe ISO/IEC 16022) quadratisch oder rechteckig sein. Zum leichteren Lesen wird die quadratische Form bevorzugt.

c) Ruhezone:

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

d) Runde Oberfläche:

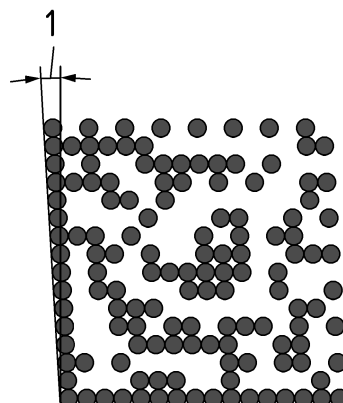
Wenn die Markierung auf einer runden/gekrümmten Oberfläche erfolgt, darf das Symbol höchstens 16 % des Durchmessers oder 5 % des Umfangs bedecken.

e) Größe des Symbols:

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

f) Winkelverzerrung des Symbols:

Die Winkelabweichung der 90°-Achsen zwischen Zeile und Spalte darf $\pm 7^\circ$ nicht überschreiten (siehe Bild 1).



Legende

- 1 Verzerrungswinkel

Bild 1 — Verzerrungswinkel

3.2 Nadelprägung

3.2.1 Beschreibung des Verfahrens

- a) Bei dem Markierverfahren durch Nadelprägung werden üblicherweise mit einer mit Druckluft oder elektromechanisch 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 (siehe Bild 2).

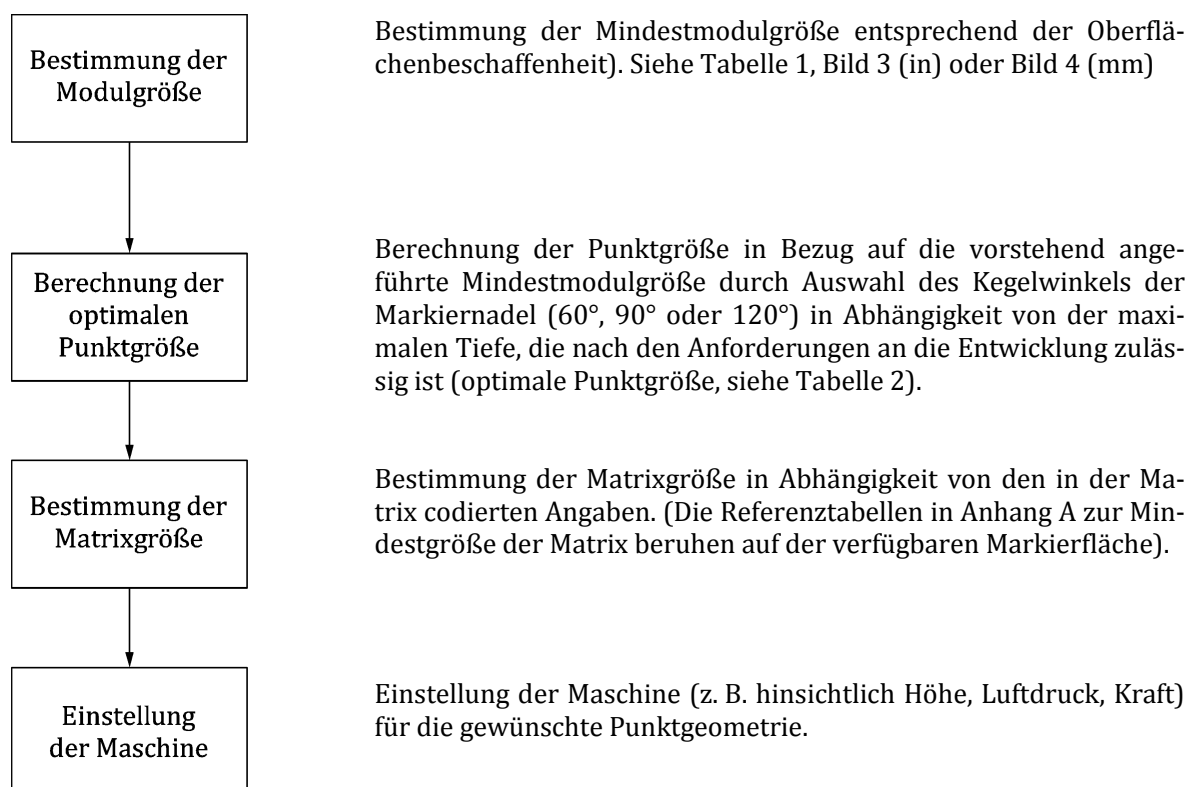


Bild 2 — Anweisungen zur Bestimmung von Markierparametern

- b) Die mit der Markierung und dem Lesen von durch Nadelprägung auf Metall erzeugten Symbolen verbundenen Aspekte 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.
- c) 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 zum Teil 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.

- d) Zur Verbesserung der Lesbarkeit der Symbole können zusätzliche Verfahren, wie z. B. die Bearbeitung der vorgesehenen Flächen, notwendig sein. Die Lesbarkeit der Symbole kann 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 Bearbeitungsflüssigkeiten, Fremdkörpern oder Öl erhöht werden.

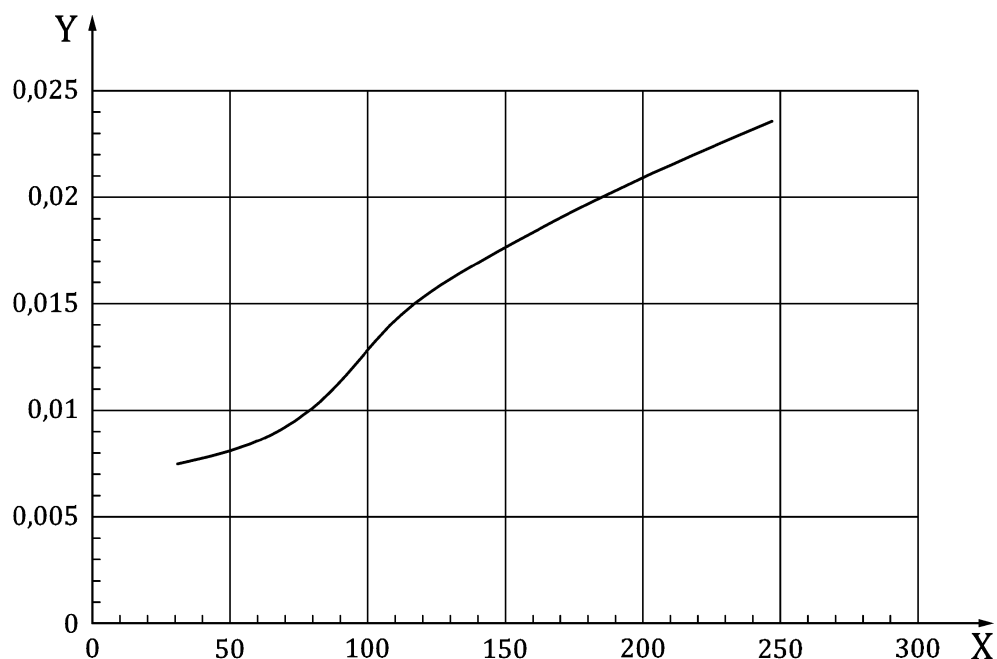
3.2.2 Anforderungen

- a) Modulnengröße des Data-Matrix-Symbols:

Die Oberflächenbeschaffenheit des Teils wirkt sich auf die Qualität eines durch Nadelprägung erzeugten Data-Matrix-Symbols aus. In Tabelle 1 und den Bildern 3 und 4 sind die Anforderungen an die lesbare Mindestmodulgröße in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit des Teils dargestellt. Die für die Entwicklung verantwortliche Stelle muss Änderungen der Mindestmodulgröße genehmigen.

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

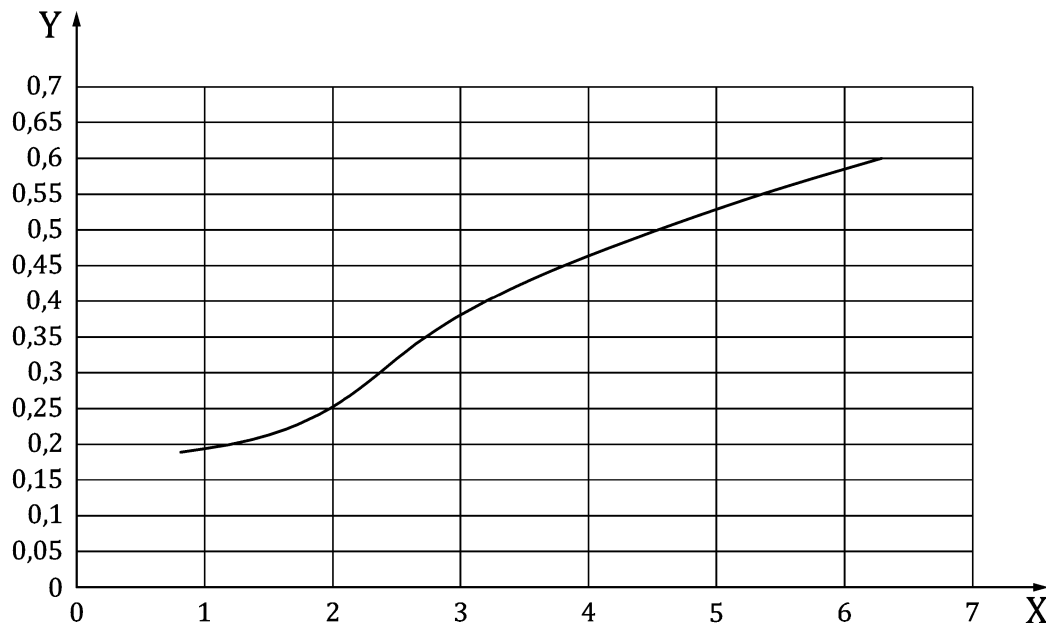
Oberflächenbeschaffenheit (Ra)		Mindestmodulgröße	
Mikro-Inch	Mikrometer	Inch	Millimeter
32	0,8	0,007 5	0,19
63	1,6	0,008 7	0,22
95	2,4	0,012 2	0,31
125	3,2	0,016 1	0,41
250	6,3	0,023 6	0,60



Legende

- Y Mindestzellgröße (in)
X Oberflächenbeschaffenheit (Ra) (µin)

Bild 3 — Mindestmodulgröße (in) in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit (µin)



Legende

- Y Mindestzellgröße (mm)
 X Oberflächenbeschaffenheit (Ra) (µm)

Bild 4 — Mindestmodulgröße (mm) in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit (µm)

b) Datenkapazität:

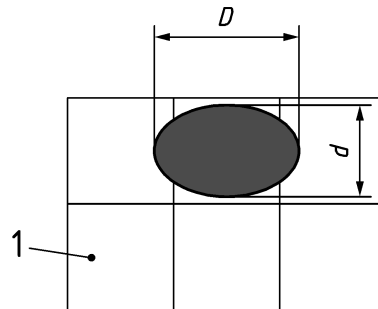
In Anhang A sind in den Tabellen zur Nadelprägung die Symbolgröße und die Datenkapazität im Vergleich zur Modulnenngröße und der Anzahl der Zeilen und Spalten in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit angeführt. Diese Tabellen beruhen auf praktischen Prüfungen.

c) 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 Entwicklung ändern.

- Die Prägetiefe unterliegt den Anforderungen an die Entwicklung. Die Prägetiefe beruht auf den Anforderungen an das Verfahren, der Widerstandsfähigkeit gegen Umwelteinflüsse und auf weiteren Kriterien für die Materialauswahl.
- Der Radius der Markiernadel unterliegt den Anforderungen an die Entwicklung. Die maximale Toleranz darf 10 % des Radius der Markiernadel nicht überschreiten.
- Oberflächenfarbe und Gleichmäßigkeit der Farbe dürfen als eine der 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 Oberflächenbeschaffenheit darf nicht mehr als 32 µin oder 0,8 µm betragen. Hinweise zum Schleifen sind in Anhang B angeführt.

- Die Konzentrität der Nadelspitze sollte 0,04 mm (0,001 6 in) hinsichtlich des gesamten Anzeige-
wertes oder 0,02 mm (0,000 8 in) 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 nicht kleiner sein als
60 % der Modulnenngröße. Die Unrundheit (siehe Bild 5) 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 in), sofern nicht anders von der für die Entwicklung verantwortlichen Stelle genehmigt.



Legende

1 Modul

Bild 5 — Festlegung der Unrundheit
($D - d \leq 20\%$ der Modulgröße)

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

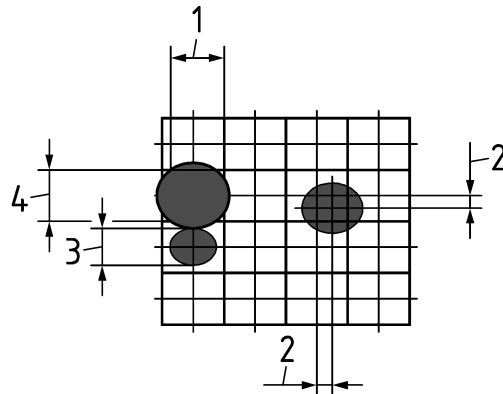
Tabelle 2 — Grenzwerte für die Punktgröße und die Verschiebung der Punktmitte

Merkmal	Anforderung
Kegelwinkel der Nadelspitze	120°, 90° oder 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 6 und 7 sind die Modulnenngröße, die Verschiebung der Punktmitte und die Punkt-
größe festgelegt.
 - Anhang C (Tabelle C.1 in Inch und Tabelle C.2 in Millimeter) enthält Beispiele für die erforderlichen
Toleranzen bezogen auf die Modulnenngrößen.
- d) Markierung entsprechend der Data-Matrix-Symbologie auf gefärbten oder beschichteten Oberflächen:

Wenn sich die Markierung auf einer gefärbten oder beschichteten Oberfläche befindet, sollten die Mar-
kierparameter in einer realen Produktionsumgebung an Teilen aus der Produktion oder repräsentativen

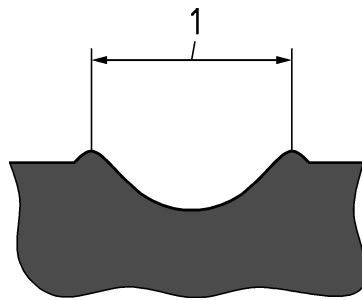
Teilen validiert werden. Das Markierverfahren muss allen hier angeführten Anforderungen entsprechen und nach den Abschnitten 4 und 5 verifiziert und validiert werden.



Legende

- 1 Modulnenngröße
- 2 Verschiebung der Punktmitte
- 3 Punktgröße min.
- 4 Punktgröße max.

Bild 6 — Festlegung von Modulnenngröße, Punktgröße und Verschiebung der Punktmitte



Legende

- 1 Punktgröße

Bild 7 — Detailfestlegung der Punktgröße

- e) 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 Lasergravur

3.3.1 Beschreibung des Verfahrens

a) 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 (siehe Bild 8).

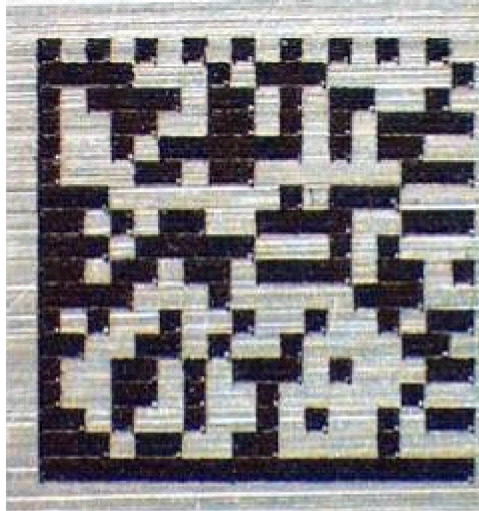


Bild 8 — Beispiel für Data-Matrix-Lasermarkierung

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:

- Klassifizierte Bauteile.¹⁾
- Titanlegierungen.

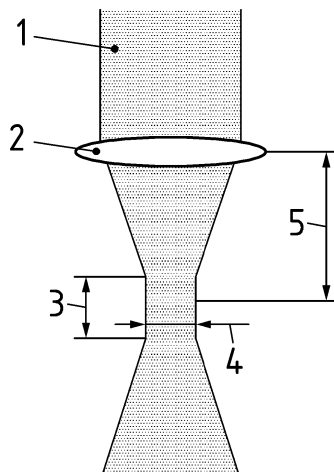
ANMERKUNG Jede Abweichung von den angegebenen Anforderungen erfordert die Zustimmung der für die Entwicklung verantwortlichen Stelle.

b) Allgemeine Angaben:

Jedes Lasermarkiersystem besteht aus einer Laserquelle (z. B. Nd:YAG, CO₂) 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. Schematische Darstellung eines typischen Laserstrahlprofils im Arbeitsbereich siehe Bild 9.

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.

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 Modulnenngröße kleiner ist als die Lichtfleckgröße des Lasers.



Legende

- 1 Laserstrahl
- 2 Endlinse
- 3 Tiefenschärfe
- 4 Lichtfleckgröße des Lasers
- 5 Arbeitsabstand

Bild 9 — Schematische Darstellung eines typischen Laserstrahlprofils im Arbeitsbereich

c) 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 (d. h. eine weiße Schicht, recast layer) innerhalb der Markierung. Außerdem könnte in Abhängigkeit von der Art des Materials eine örtliche Änderung der mikrostrukturellen Eigenschaften (d. h. eine Wärmeeinflusszone) zu beobachten sein. 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 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 liegt daher in der Verantwortung 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.

d) 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; und
- 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 angewendet werden, in denen Reibverschleiß der Markierung oder angrenzender Teile ausgelöst werden kann.

ANMERKUNG Dieses Markierverfahren erfordert zusätzliche Verbrauchsmaterialien. Eine sorgfältige Kontrolle des Prozesses ist erforderlich, da der Laser nur das Medium schmelzen darf und nicht die darunterliegende Trägerschicht. 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.

3) 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 Anwendungen in der Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie 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 (d. h. 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 und sie 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 in den Abschnitten 4 und 5 festgelegten Prüfanforderungen gilt. Die Teilemarkierung mit Laser muss in einer gesonderten innerbetrieblichen Spezifikation beschrieben werden. Anweisungen zur Bestimmung von Markierparametern siehe Bild 10.

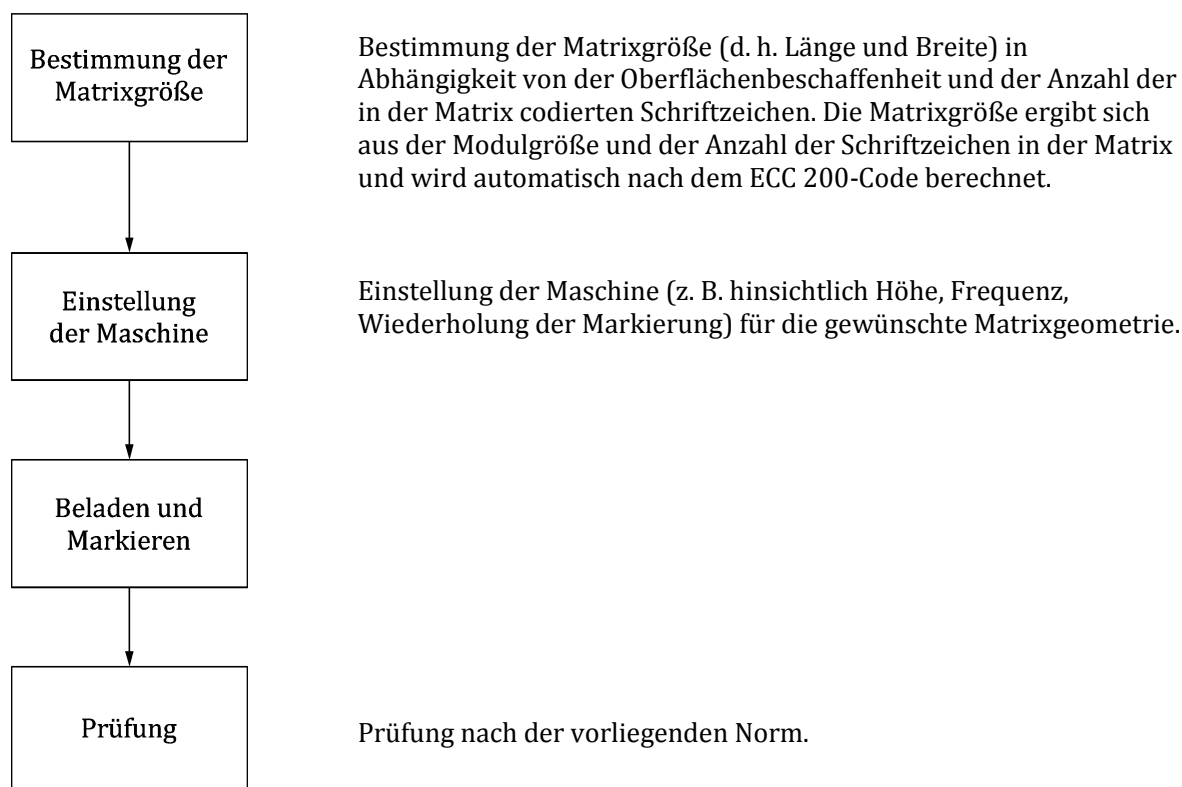
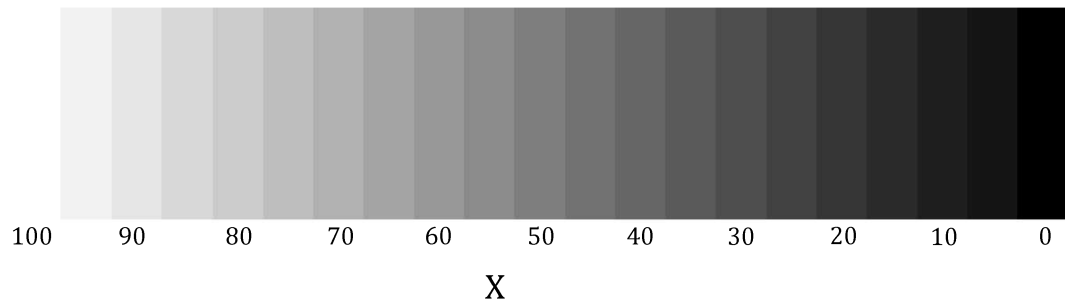


Bild 10 — Anweisungen zur Bestimmung von Markierparametern

3.3.3 Anforderungen

Die Modultiefe unterliegt den Anforderungen an die Entwicklung. Die Modultiefe beruht auf Anforderungen an das Verfahren, die Widerstandsfähigkeit gegen 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. Der Mindestkontrastwert zwischen der Markierung und deren Trägermaterial sollte in Form eines Unterschieds der Graudichte mindestens 20 % betragen. Kontrastwerte können unter Anwendung einer Skala der Graudichte (siehe Bild 11) überprüft werden.

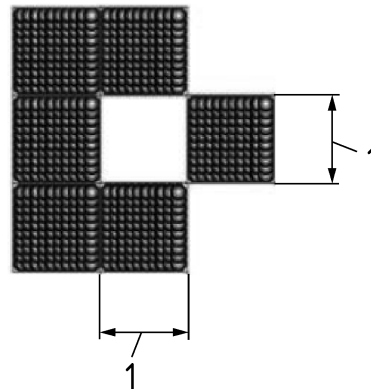


Legende

X Dichteskala in %

Bild 11 — 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 (siehe Bild 12) muss das Modul einen Füllgrad von 60 % bis 105 % der Modulnenngröße aufweisen; zwischen den Modulen ist eine Überlappung von 5 % zulässig.



Legende

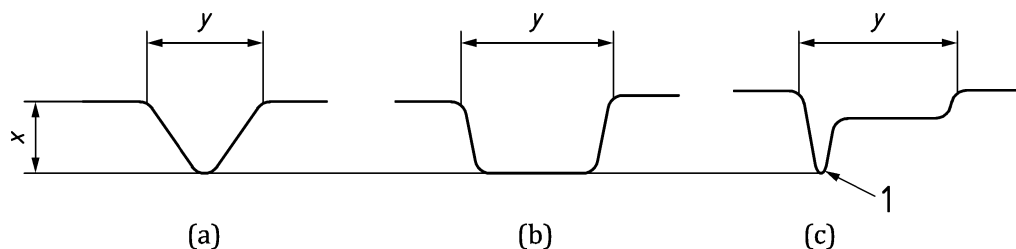
1 Modulnenngröße

Bild 12 — Graphische Darstellung einer Lasermarkierung mit annehmbarem Füllgrad der Module

3.3.4 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/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 Risstiefe ebenfalls eingehalten werden.

Die Festlegungen zur Modultiefe und -breite sind nachstehend (siehe Bild 13) dargestellt; es ist zu beachten, dass alle Modulprofile dieselbe Modultiefe (x) haben:



Legende

- 1 Erste Impulsspitze

Bild 13 — Darstellung unterschiedlicher durch Lasergravur erzeugter Modulprofile

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

ANMERKUNG Die maximale Tiefe der Gravur bestimmt die Auswirkung auf die Materialeigenschaften. Jede Verschlechterung des Bauteils unter Betriebsbedingungen, die zu einer Entfernung der Materialoberfläche führt (z. B. Abnutzung, Oxidation) verringert deutlich die effektive Tiefe der Lasermarkierung. Wenn die Modultiefe über dem Modul nicht gleichmäßig ist, könnte der Verlust an Tiefe auch zu einer Verringerung des Füllgrades des Moduls führen. 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.

- b) In Bild 13 (a) ist ein typisches Modulprofil für eine sehr kleine Modulgröße [gewöhnlich 0,1 mm (0,004 in)] dargestellt, bei dem der Laser spiralförmig die Mitte des Moduls durchquert.
- c) In Bild 13 (b) ist ein typisches Modulprofil für eine größere Modulgröße gewöhnlich [gewöhnlich 0,2 mm (0,008 in)] dargestellt, bei dem der Laser das Modul in einer Reihe paralleler Bahnen durchquert.
- d) In Bild 13 (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.
- e) In Bild 13 bezieht sich Modulbreite (y) auf die Breite des bei einer eingravierten Markierung entfernten Materials. Sie bezieht sich auch auf die Breite der Färbung bei einer durch Farbänderung erzeugten Markierung, die Breite von aufgebrachtem Material bei einer Aufschmelzmarkierung.
- f) Verfahrensbezogene Versuche müssen grundsätzlich 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/in);
- Vorschubgeschwindigkeit [in mm je s (in je min)];
- Frequenz (in Hz);

- Laserleistung (oder ein anteiliger Wert); und
- 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.

3.3.5 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 gleich bleibenden 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 validieren, dass 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 Elektrochemisches Ätzen

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 (d. h. an die Anode der Ätzeinheit angeschlossen) und einem mit Elektrolyt getränkten Filzstempel (d. h. an die Kathode angeschlossen) angeordnet wird und zwischen beiden ein Niederspannungsstrom fließt (siehe 3.4.6).

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 elektrochemisches Ätzen 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 0,002 5 mm (0,000 1 in) bis 0,100 mm (0,004 in).

3.4.4 Oberflächenmarkierung

Dabei entsteht auf der Oberfläche des Gegenstandes eine dunkle Oxidschicht, die eine geringe oder keine Tiefe aufweist. Diese Art der Markierung ist im Allgemeinen weniger dauerhaft als die Unterschichtmarkierung durch elektrochemisches Ätzen. Deshalb muss die Oberflächenmarkierung durch elektrochemisches Ätzen 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.