

DIN EN 10247



ICS 77.040.99

Ersatz für
DIN EN 10247:2007-07**Metallographische Prüfung des Gehaltes nichtmetallischer Einschlüsse in
Stählen mit Bildreihen;
Deutsche Fassung EN 10247:2017**

Micrographic examination of the non-metallic inclusion content of steels using standard pictures;

German version EN 10247:2017

Détermination micrographique de la teneur en inclusions non-métalliques des aciers à l'aide d'images-types;

Version allemande EN 10247:2017

Gesamtumfang 78 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 10247:2017) wurde vom Technischen Komitee ECISS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden vom Gemeinschaftsarbeitsausschuss NA 062-01-31 GA „Gemeinschaftsarbeitsausschuss NMP/FES: Metallographische Prüfverfahren“ im Fachbereich Metalle des DIN-Normenausschusses Materialprüfung (NMP) wahrgenommen.

Für die zitierten Internationalen Normen gibt es keine nationalen Entsprechungen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 10247:2007-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Grenze für das Verhältnis zwischen Länge und Breite von globularen Einschlüssen wurde von 1,3 auf 3 geändert (Anhang I);
- b) eindeutigere Definition der den Bildreihen zugrunde gelegten mathematischen Grundsätze;
- c) zahlreiche numerische Änderungen in Tabelle 2 und Bild 11;
- d) Auswertungsregeln wurden geändert (3.1.2, Abschnitt 4, Anhang A und Anhang B);
- e) Umgestaltung der Formblätter zur Auswertung und zum Aufzeichnen für vereinfachte Handhabung (Anhänge K, L und M).

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 10247: 1998-06
DIN EN 10247: 2007-07

Deutsche Fassung

Metallographische Prüfung des Gehaltes nichtmetallischer Einschlüsse in Stählen mit Bildreihen

Micrographic examination of the non-metallic inclusion
content of steels using standard pictures

Détermination micrographique de la teneur en inclusions
non-métalliques des aciers à l'aide d'images-types

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 18. Januar 2017 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 CEN-CENELEC-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, 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	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
3.1 Allgemeine Begriffe	7
3.2 Abstand	8
3.3 Parameter	8
3.4 Klassen	9
3.5 Sonstige	10
4 Symbole und Abkürzungen	10
5 Grundlagen	12
6 Kurze praktische Anleitung	12
6.1 Grundregeln der Auswertung	12
6.2 Auswertung nach den Standardverfahren	14
7 Probenahme	14
7.1 Allgemeines	14
7.2 Umformgrad	14
7.3 Größe und Anordnung der Messfläche	14
7.4 Anzahl der Proben	15
7.5 Probenvorbereitung	15
8 Prüfverfahren	15
8.1 Vergrößerung	15
8.2 Mikroskopeinstellungen für die bildanalytische und die manuelle Auswertung	16
8.3 Gesichtsfeld	16
8.4 Festlegung der Bilder der Bildreihe	17
8.4.1 Größe und Form	17
8.4.2 Parameter	17
8.4.3 Anordnung der Bilder	17
8.5 Durchführung	17
8.5.1 Allgemeines	17
8.5.2 Mehrere Einschlüsse unterschiedlicher Größe in einem Gesichtsfeld	17
8.5.3 Abrastern der Probe	18
8.5.4 Ermittlung und Auswertung	18
8.5.5 Beurteilung unterschiedlicher Arten von Einschlüssen	18
8.5.6 Aufzeichnung der Ergebnisse	19
9 Arten der Auswertung	19
9.1 Ermittlung der größten Einschlüsse: Verfahren P	19
9.1.1 Grundlage	19
9.1.2 Auswertung von P_L (größte Länge)	19
9.1.3 Auswertung von P_d (größter Durchmesser)	20
9.1.4 Auswertung von P_a (größte Fläche)	20

9.2	Ermittlung des Messfeldes mit den größten Einschlussparametern: Verfahren M.....	20
9.2.1	Grundlage.....	20
9.2.2	Auswertung von M_n (Auswertung nach Anzahl).....	20
9.2.3	Auswertung von M_L (Auswertung nach Länge).....	20
9.2.4	Auswertung von M_d (Auswertung nach Durchmesser)	20
9.2.5	Auswertung von M_a (Auswertung nach Fläche).....	20
9.3	Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes: Verfahren K.....	21
9.3.1	Grundlage.....	21
9.3.2	Abrastern einer Probe für die Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes.....	21
9.3.3	Auswertung.....	21
9.3.4	Auswertung von K_n , K_L für gestreckte sowie K_n , K_d für globulare Einschlüsse	21
9.3.5	Auswertung von K_n und K_a	22
10	Prüfbericht.....	22
	Anhang A (normativ) Art der Einschlüsse.....	32
	Anhang B (normativ) In Abwesenheit anderer Festlegungen anzuwendende Parameter und Auswertarten.....	35
	Anhang C (informativ) Beispiele für unterschiedliche Einschlussarten.....	36
	Anhang D (informativ) Formfaktor	39
	Anhang E (informativ) Beispiele für Vergrößerungen	40
	Anhang F (informativ) Details der Okulareinsätze.....	42
	Anhang G (normativ) Herstellung der Okulareinsätze.....	43
G.1	Allgemeines	43
G.2	Mikroskope mit normalem Gesichtsfeld.....	43
G.3	Großfeldmikroskope.....	45
	Anhang H (normativ) Grundlagen für die Berechnung der Bildreihen.....	46
	Anhang I (normativ) Regeln für die Klassierung.....	48
I.1	Definition von Klassen.....	48
I.2	Klassierung der Länge	48
I.3	Klassierung der Breite.....	48
I.4	Klassierung des Durchmessers	48
	Anhang J (informativ) Vergleich von Einschlussarten in unterschiedlichen Normen.....	49
	Anhang K (informativ) Ermittlung der größten Einschlüsse	50
	Anhang L (informativ) Ermittlung des Messfeldes mit den größten Einschlussparametern.....	54
L.1	Allgemeines	54
L.2	Auswertung von M_n	54
L.3	Auswertung von M_n , M_L und M_d	54
L.4	Auswertung von M_n und M_a	55
	Anhang M (informativ) Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes	58
M.1	Allgemeines	58
M.2	Auswertung von K_n , K_L und K_d	58
M.3	Auswertung von K_n und K_a	58
M.4	Begrenzte Auswertung.....	59
	Anhang N (normativ) Berechnungsgrundlage für die Auswertung	70
N.1	Ermittlung der größten Einschlüsse	70
N.2	Ermittlung des Messfeldes mit den größten Einschlussparametern	70

N.2.1	Allgemeines	70
N.2.2	Berechnung von M_n	70
N.2.3	Berechnung von M_L	71
N.2.4	Berechnung von M_d	71
N.2.5	Berechnung von M_a	71
N.3	Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes	71
Anhang O (informativ) Randfehlerkorrektur		73
O.1	Allgemeines	73
O.2	Messung	73
O.3	Große Einschlüsse	73
Anhang P (normativ) Berechnung von Mittelwerten der Parameter für eine Klasse		74
Anhang Q (normativ) Mittelwerte der Parameter		75
Literaturhinweise		76

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 10247:2017) wurde vom Technischen Komitee ECISS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2018, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2018 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 10247:2007.

Die zahlreichen Änderungen in der aktuellen Überarbeitung ergeben sich aus nur wenigen grundlegenden Anpassungen. Die Grenze für das Verhältnis zwischen Länge und Breite von globularen Einschlüssen wurde von 1,3 auf 3 geändert (Anhang I) und die den Bildreihen zugrunde gelegten mathematischen Grundsätze wurden eindeutiger definiert (Anhang H). Diese beiden Änderungen haben zu zahlreichen numerischen Änderungen in Tabelle 2 und Bild 11 geführt, wobei zusätzlich einige Klassen gelöscht und andere hinzugefügt wurden. Die Auswertungsregeln wurden geändert, insbesondere um die Bildung von Einschlusszeilen ab zwei Teilchen aufwärts zu ermöglichen (3.1.2, Anhang B), um die Bildung von Einschlusszeilen zwischen einer Einschlusszeile und einem einzelnen Teilchen auszuschließen (3.1.2) und die Klassierung von Einschlüssen nach Form, Anordnung und Farbe einheitlich festzulegen (Abschnitt 3, Anhänge A und B). Abschließend wurden die Formblätter zur Auswertung und zum Aufzeichnen umgestaltet, um die Handhabung zu vereinfachen (Anhänge K, L und M).

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.

Einleitung

Dieses Dokument legt ein Verfahren für die Auswertung von Einschlüssen in Stahl anhand ihrer Morphologie unter Verwendung von Bildreihen fest.

Diese Verfahren beruhen auf Grundsätzen, die mit konsolidierten Messungen von Einzeleinschlüssen übereinstimmende Ergebnisse liefern und in physikalischen Einheiten ausgedrückt werden.

Die Bildreihen sind über mathematische Gleichungen ermittelt worden. Gegenüber anderen Normen zur Auswertung von Einschlüssen beginnt in dieser Norm die Schreibweise der Klassenbezeichnung mit der Länge (Zeilenindex q).

Die Ergebnisse können unmittelbar aus den Auswertungen der einzelnen Messfelder abgeleitet werden. Die gleiche Genauigkeit wird bei Anwendung desselben Verfahrens bei manueller Auswertung und rechnergesteuerten Messungen erreicht.

Die Ergebnisse werden in physikalischen Einheiten angegeben: Länge in $\mu\text{m}/\text{mm}^2$, Anzahl/ mm^2 , Flächen in $\mu\text{m}^2/\text{mm}^2$.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt ein Verfahren zur mikroskopischen Bewertung von nichtmetallischen endogenen Einschlüssen unter Verwendung von Bildreihen fest.

Das Verfahren gilt nicht für Teilchen mit einer Länge oder einem Durchmesser kleiner als $3,0\text{ }\mu\text{m}$ oder einer Breite kleiner als $2,0\text{ }\mu\text{m}$. Sofern in einer Produktnorm oder durch Vereinbarung zwischen den Beteiligten für spezielle Produkte festgelegt, können Einschlüsse mit einer Breite kleiner als $2,0\text{ }\mu\text{m}$ ausschließlich nach ihrer Länge bewertet werden. Einschlüsse, deren Maße die in Tabelle 2 angegebenen oberen Grenzen überschreiten, werden als zugehörig zur größten Klasse gewertet und gesondert mit ihren tatsächlichen Maßen aufgezeichnet (siehe 8.5.6).

Es wird vorausgesetzt, dass, falls Teilchen gestreckt sind oder falls zeilenförmige Anordnungen von Teilchen auftreten, diese parallel zueinander liegen. Andere Anordnungen werden durch diesen Norm-Entwurf^{N1)} nicht berücksichtigt. Dieser Europäische Norm-Entwurf^{N1)} gilt für Proben mit mikroskopischen Teilchen, deren Verteilung einer regellosen Verteilung nahe kommt.

Aus den mit dem hier beschriebenen Verfahren erzielten Messwerten kann eine Auswertung nach anderen Normen abgeleitet werden.

Dieser Europäische Norm-Entwurf^{N1)} gilt nicht für Automatenstähle.

ANMERKUNG Das Grundprinzip dieses Europäischen Norm-Entwurfes^{N1)} ermöglicht die Bestimmung des Gehaltes an nichtmetallischen Einschlüssen mittels Bildanalysetechnik.

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 ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025)*

ISO 9042, *Steels — Manual point counting method for statistically estimating the volume fraction of a constituent with a point grid*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

Teilchen

Grundeinheit für die Auswertung, im Allgemeinen nichtmetallisch

3.1.2

Einschlusszeile

Anordnung von mindestens 2 Teilchen, die normalerweise in einer Zeile liegen und die Abstandsbedingungen $e \leq 40\text{ }\mu\text{m}$ und $t \leq 10\text{ }\mu\text{m}$ erfüllen

N1) Nationale Fußnote: Hierbei handelt es sich um einen Fehler in der englischsprachigen Referenzfassung. Es muss korrekt „Europäische Norm“ lauten.

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Bildung von Einschlusszeilen werden Teilchen mit $L < 3 \mu\text{m}$ oder $w < 2 \mu\text{m}$ nicht berücksichtigt (siehe Bild 5).

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 3 zu Abstandsbedingungen; Beispiele sind Bild 7, Anhang B und Anhang C zu entnehmen.

3.1.3

Einschluss

allgemeine Bezeichnung eines zu bewertenden Gebildes, das mindestens aus einem Teilchen besteht, in Verbindung mit Größe und Abstand der jeweiligen Bestandteile

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Einschluss kann ein einzelnes Teilchen, eine einzelne Einschlusszeile oder eine Agglomeration von Einschlusszeilen beschreiben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Einschlusszeilen, welche die Abstandsbedingungen $e \leq 40 \mu\text{m}$ und $t \leq 10 \mu\text{m}$ erfüllen, bilden eine Agglomeration von Einschlusszeilen (siehe Bild 4). Die Bildung von Einschlüssen durch Kombination von Einschlusszeilen und einzelnen Teilchen ist unzulässig.

Anmerkung 3 zum Begriff: Zusammengewachsene, gestreckte und globulare Teilchen (siehe Bild 6) werden in der Regel als ein Einschluss behandelt.

Anmerkung 4 zum Begriff: Für weitere Beispiele siehe Bild 7.

3.1.4

Messfläche

auf der polierten Oberfläche der Probe auszuwertende Fläche

3.2 Abstand

3.2.1

Abstand zwischen Teilchen

Abstand e zwischen den Teilchen in Hauptverformungsrichtung und Abstand t senkrecht dazu

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Veranschaulichung siehe Bild 3.

3.2.2

Abstand zwischen Einschlusszeilen

entspricht derjenigen Definition für die Abstände zwischen Teilchen

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Veranschaulichung siehe Bild 4.

3.2.3

regellos

willkürliche Anordnung von Teilchen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Beispiel ist Anhang C zu entnehmen. Diese Anordnung ist definiert für ein Gesichtsfeld.

3.3 Parameter

3.3.1

Länge

Abmessung eines Einschlusses in der Hauptverformungsrichtung, gewöhnlich größer als die Breite

3.3.2

Durchmesser

höchstmögliche Abmessung eines Einschlusses, der nach Spalte 6 klassiert wurde (globulare Einschlüsse)

3.3.3

Breite

Abmessung des Einschlusses senkrecht zur Hauptverformungsrichtung

Anmerkung 1 zum Begriff: Insbesondere für Einschlüsse, die aus mehr als einem Teilchen bestehen, kann ein Index „total“ verwendet werden, um seine Breite von den einzelnen Breiten der Teilchen zu unterscheiden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei Einschlüssen, die aus einem einzelnen Teilchen bestehen, ist die Breite die größte Abmessung senkrecht zur Hauptverformungsrichtung (siehe Bild 1).

Bei Einschlüssen, die aus einer einzelnen Einschlusszeile bestehen, ist die Breite die Breite des begrenzenden Rechtecks (siehe Bild 2).

Bei Einschlüssen, die aus einer Agglomeration von Einschlusszeilen bestehen, gelten drei Fälle:

- Fall a), zwei Einschlusszeilen, für die gilt $0 \leq e \leq 40 \mu\text{m}$, $t \leq 10 \mu\text{m}$: die Breite dieses Einschlusses ist die Breite der breitesten Einschlusszeile [$w_{\text{total}} = w_1$; $w_1 > w_2$; siehe Bild 4 a)].
- Fall b), zwei Einschlusszeilen, für die gilt $e < 0 \mu\text{m}$, $t \leq 10 \mu\text{m}$: die Breite dieses Einschlusses ist die Summe der Breiten der Einschlusszeilen und des Abstands t [$w_{\text{total}} = w_1 + w_2 + t$; siehe Bild 4 b)].
- Fall c), eine Agglomeration von mehr als zwei Einschlusszeilen: die Breite dieses Einschlusses ist die größte durch Anwendung der Regeln der Fälle a) und b) erzielte Breite [siehe Bild 4 c)].

3.3.4

Fläche

Fläche der äquivalenten Ellipse, berechnet als

$$a = \frac{\pi}{4} \times L \times w_{\text{total}} \quad (1)$$

oder, im Fall globularer Teilchen,

$$a = \frac{\pi}{4} \times d^2 \quad (2)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu Einzelheiten siehe 3.3.2 und Bilder 1, 2 und 4.

3.3.5

Formfaktor

Exponent f in der Gleichung

$$\frac{\pi/4 \times L^2}{a} = \left(\frac{L}{1\mu\text{m}} \right)^f \quad (3)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu Einzelheiten siehe Anhang D.

3.4 Klassen

3.4.1

gestrecktes Teilchen

Teilchen mit einem Verhältnis $L/w \geq 3$

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Veranschaulichung siehe Bild 1.

3.4.2

globulares Teilchen

Teilchen mit einem Verhältnis $L/w < 3$

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Veranschaulichung siehe Bild 1.

3.4.3

Art

Unterscheidung von Einschlüssen entsprechend ihrer Form, Anordnung und Farbe sowie, wenn erwünscht, nach ihrer scheinbaren chemischen Zusammensetzung

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Veranschaulichung siehe Anhang A.

3.5 Sonstige

3.5.1

Los

Menge eines Werkstoffs, die gleichzeitig hergestellt wurde und vergleichbarer Verarbeitung unterlegen hat

3.5.2

begrenzte Auswertung

Ergebnisse der Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes, begrenzt auf Einschlüsse eines bestimmten Größenbereichs oder begrenzt auf Einschlüsse festgelegter Arten

Anmerkung 1 zum Begriff: Für weitere Einzelheiten siehe M.4 und Tabellen M.6 und M.7.

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen.

Symbol	Einheit	Benennung
A	μm^2	Fläche des Gesichtsfeldes auf der Probe
B	mm^2	polierte Oberfläche
D		Durchmesser eines Produktes
G		Vergrößerung
H	μm	Länge des Messfeldes der Probe
K	$-, \mu\text{m}, \mu\text{m}^2/\text{mm}^2$	mittlerer Einschlussgehalt
L	μm	Länge der Einschlüsse
M	$-, \mu\text{m}, \mu\text{m}^2/\text{mm}^2$	Messfeld mit den größten Einschlussparametern
MD		Hauptverformungsrichtung (z. B. Walzrichtung)
N_j		Anzahl der Messfelder
N_s		Anzahl der Proben
P		größter Einschluss
Q		Faktor für Auswerteverfahren K
R		begrenzte Auswertung
a	μm^2	Fläche von Einschlüssen
$\bar{a}$ oder $\bar{a}$		mittlerer Wert von $n, L, w, a...$
b	mm	Breite eines Bleches
b		schwarz

Symbol	Einheit	Benennung
c		farbig (rosa oder gelb) (gewöhnlich Nitride)
d	μm	Durchmesser von Einschlüssen
e	μm	Abstand zwischen den Teilchen (Hauptverformungsrichtung)
f		Formfaktor
g		grau (gewöhnlich Sulfide)
i		Index für Einschlüsse
j		Index für Messfelder
k		Spaltennummer
m		Index für die Art der Einschlüsse
$\max$		Index für größte Werte von n, L, w, d, a (für j oder s)
n		Anzahl der ausgewerteten Teilchen oder Einschlüsse
n_s		Anzahl der ausgewerteten Einschlüsse je Probe
p		Index für Teilchen
q		Zeilennummer
s		Index für Proben
t	μm	Abstand zwischen den Teilchen (senkrecht zur Hauptverformungsrichtung)
u	μm	Skaleneinheit in einem Messokular eines Mikroskops
v	mm	Breite der polierten Fläche
w	μm	Breite von Einschlüssen
x		Variable
α		regellos, Art der Einschlüsse: gestreckt
α_b		regellos, Art der Einschlüsse: gestreckt, schwarz
α_c		regellos, Art der Einschlüsse: gestreckt, farbig
α_g		regellos, Art der Einschlüsse: gestreckt, grau
β		zeilige Anordnung, Art der Einschlüsse: globular
β_b		zeilige Anordnung, Art der Einschlüsse: globular, schwarz
β_c		zeilige Anordnung, Art der Einschlüsse: globular, farbig
β_g		zeilige Anordnung, Art der Einschlüsse: globular, grau
γ		zeilige Anordnung, Art der Einschlüsse: gestreckt
γ_b		zeilige Anordnung, Art der Einschlüsse: gestreckt, schwarz
γ_c		zeilige Anordnung, Art der Einschlüsse: gestreckt, farbig
γ_g		zeilige Anordnung, Art der Einschlüsse: gestreckt, grau
δ		regellos, Art der Einschlüsse: globular
δ_b		regellos, Art der Einschlüsse: globular, schwarz
δ_c		regellos, Art der Einschlüsse: globular, farbig
δ_g		regellos, Art der Einschlüsse: globular, grau

Kombinierte Symbole müssen als Index geschrieben werden.

BEISPIEL K_L Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes nach der Länge;

n_j	Anzahl der Einschlüsse in einem Messfeld;
$\bar{n}_j$	mittlere Anzahl der Einschlüsse in einem Messfeld.

5 Grundlagen

Diese Norm besteht aus einem Vergleich zwischen den in einem Gesichtsfeld beobachteten Einschlüssen und den Bildern einer Bildreihe. Die Bildreihe unterteilt Einschlüsse in vier unterschiedliche Arten nach ihrer Form (8.4/Anhang H). Die Mindestvoraussetzungen für die Anwendung dieses Verfahrens sind ein in das Beobachtungsfeld eingeblendetes Messfeld mit den Abmessungen 0,71 mm × 0,71 mm bei Vergrößerung 100:1 (siehe Bild 9 zusammen mit der Bildreihe oder alternativ eine Messskala im Beobachtungsfeld und Tabelle 2 dieses Norm-Entwurfes ^{N1}).

Ein Einschluss nach dieser Norm kann ein Teilchen, eine Einschlusszeile oder ein Einschlusszeilenagglomerat sein. Alle Einschlüsse werden als Ellipsen betrachtet (siehe Bild 1), wobei für Einschlusszeilenagglomerate Sonderregeln gelten (3.1.3/Bild 4). Die Einschlüsse werden nach Form, Anordnung und Einschlussgröße bewertet (Anhang A). Eine Bewertung nach Farbe und damit scheinbarer chemischer Zusammensetzung ist ebenfalls zulässig (Anhang A), obwohl diese Bewertung keinerlei Rückschlüsse über die Kristallstruktur und über die tatsächliche chemische Zusammensetzung liefert.

Die Länge des Einschlusses wird durch die Zuordnung zu Zeilen und die Breite zu Spalten der Bildreihen abgeschätzt. Die Bildreihen stellen die oberen Klassengrenzen dar. Nach der erfolgten Klassierung werden für alle weiteren Berechnungen die Klassenwerte der Tabelle 2 herbeigezogen.

Diese Norm liefert in Abhängigkeit vom gewählten Verfahren verschiedene Ergebnisse: Die größten Einschlüsse (Ermittlung der größten Einschlüsse), die größten Einschlussparameter in einem Gesichtsfeld (Ermittlung des Messfeldes mit den größten Einschlussparametern) und einen mittleren Einschlussgehalt (Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes). Sofern nicht in Produktnormen bestimmt, muss das vorzuziehende Verfahren für die jeweilige Stahlsorte von den Beteiligten vereinbart werden. Die Standardbewertungsverfahren sind die Ermittlung der größten Einschlüsse ($P_{L/d}$) und die Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes ($K_n, K_{L/d}$). Unabhängig vom Verfahren haben alle Ergebnisse physikalische Größen.

Die Anhänge M, N und P enthalten Beispiele für das Aufzeichnen und das Berechnen von Ergebnissen. Der nachstehende Abschnitt enthält eine kurze praktische Anleitung für die in dieser Norm festgelegte Auswertung.

6 Kurze praktische Anleitung

6.1 Grundregeln der Auswertung

a) Vorbereitung der Messung

- 1) Proben sind zu entnehmen und vorzubereiten nach Abschnitt 7, Probenahme.
- 2) Die Messfläche und ein Anfangspunkt für die Messung sind festzulegen.

b) Untersuchung der Messfläche

- 1) Die gesamte Messfläche ist mit gewählter Vergrößerung (gewöhnlich 100:1) abzurastern.
- 2) Sämtliche Einschlüsse sind unter Verwendung des eingeblendeten Messfeldes oder eines Maßstabs oder einer Bildanalyse auszuwerten.

c) Ausschluss von Teilchen außerhalb des Anwendungsbereichs

- 1) Von der Auswertung sind sämtliche Teilchen mit einer Länge oder einem Durchmesser $< 3 \mu\text{m}$ oder einer Breite $< 2 \mu\text{m}$ auszuschließen.

d) Regeln für die Bewertung der Einschlüsse

- 1) Gestreckte Teilchen sind von globularen Teilchen anhand des Verhältnisses von Länge und Breite zu unterscheiden. Entsprechend den Klassen nach 3.4 sind Teilchen mit $L/w < 3$ globular und Teilchen mit $L/w \geq 3$ gestreckt.
- 2) Einschlüsse können aus einem einzelnen Teilchen, einer Einschlusszeile oder einem Einschlusszeilenagglomerat bestehen.
- 3) Die Abstandsbedingungen für das Zusammenschließen von Teilchen oder Einschlusszeilen sind $e \leq 40 \mu\text{m}$ und $t \leq 10 \mu\text{m}$ (siehe 3.1.2, Einschlusszeile, und 3.1.3, Anmerkung 2 zum Begriff, Einschluss).
- 4) Einzelne Teilchen, die die Abstandsbedingungen nicht erfüllen, werden als einzelne Einschlüsse gewertet.
- 5) Eine Einschlusszeile wird gebildet und als Einschluss gewertet, wenn mindestens zwei Teilchen die Abstandsbedingungen erfüllen.
- 6) Einschlusszeilen, die den Abstandsbedingungen entsprechen, werden zu einer Agglomeration von Einschlusszeilen zusammengefasst. Die Agglomeration wird als ein Einschluss gewertet (nicht die einzelnen Einschlusszeilen).
- 7) Einschlüsse, die aus unterschiedlichen Arten von Teilchen bestehen, werden entsprechend der in der Fläche vorherrschenden Form und anschließend, wenn notwendig, nach der in der Fläche vorherrschenden Farbe eingestuft.
- 8) Einschlüsse, die länger als das Messfeld sind, werden entsprechend ihrer gesamten Abmessungen und nur einmal gewertet.
- 9) Einschlüsse mit einer Länge oder Breite außerhalb der Klassen nach dem Anwendungsbereich dieser Norm (oversized) werden der höchsten möglichen Klasse zugeordnet und gesondert mit ihren tatsächlichen Maßen im Bericht angegeben.

e) Bewertung der Einschlüsse

- 1) Unter Verwendung eines Maßstabs und der Bildreihe (oder Tabelle 2) werden die festgestellten Einschlüsse nach Form, Anordnung und Größe klassiert und entsprechend den Parametern des gewählten Verfahrens ausgewertet (siehe Abschnitt 9, Arten der Auswertung).
- 2) Die Einschlüsse werden entsprechend ihrer Form und Anordnung den Arten α , β , γ und δ zugeordnet. Ist eine Unterscheidung nach Farbe erforderlich, werden Einschlüsse den Arten EA, EC, EAB, EB, EAD und ED zugeordnet (siehe Anhang A).
- 3) Die Einschlüsse werden nach Tabelle 2 oder der Bildreihe bewertet. Die Bildreihen und die Werte in Tabelle 2 stellen die oberen Klassengrenzen dar.
- 4) Ein Einschluss wird in Zeile q eingeordnet, wenn für seine Länge L_x gilt:

$$L_{q-1} < L_x \leq L_q [\mu\text{m}]$$

- 5) Ein Einschluss wird in Zeile k eingeordnet, wenn für seine Breite w_x gilt:

$$w_{q,k-1} < w_x \leq w_{q,k} [\mu\text{m}]$$

Nach der Klassierung nach Länge und Breite beziehen sich alle weiteren Berechnungen (z. B. der Einschlussfläche) auf die Werte der jeweiligen Einschlussklassen nach Tabelle 2.

6.2 Auswertung nach den Standardverfahren

— Verfahren P_L , P_d – Ermittlung der größten Einschlüsse anhand von Länge und Durchmesser (siehe 9.1, Verfahren P)

Für jede Art von Einschluss (α , β , γ , δ oder EA, EAD, EB, EAB, EC, ED) ist der Einschluss mit dem höchsten Wert des gewählten Parameters (L oder d) zu bewerten und aufzuzeichnen. Das Aufzeichnungsformblatt K.1 kann für die Dokumentation verwendet werden (siehe Anhang K).

Das Ergebnis ist der Mittelwert der Einzelwerte jeder geprüften Probe.

— Verfahren K_n , K_L und K_n , K_d – Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes nach Anzahl sowie nach Länge und Durchmesser (siehe 9.3 und Anhang M)

Jeder Einschluss der gewählten Arten (z. B. α , β , γ , δ oder EA, EAD, EB, EAB, EC, ED) ist entsprechend dem gewählten Parameter (L oder d) zu bewerten und aufzuzeichnen. Es sorgfältig darauf zu achten, dass jeder Einschluss genau einmal aufgezeichnet wird. Die untersuchte Fläche ist aufzuzeichnen. Das Aufzeichnungsformblatt M.2 kann für die Dokumentation verwendet werden (siehe Anhang M).

Das Ergebnis ist ein mittlerer Einschlussgehalt. Das Berechnungsformblatt M.3 kann für die Bestimmung dieses Ergebnisses verwendet werden (siehe Anhang M).

7 Probenahme

7.1 Allgemeines

Soweit in den Technischen Lieferbedingungen nicht anders festgelegt, gelten die folgenden Anforderungen.

7.2 Umformgrad

Die Form der Einschlüsse hängt sehr stark von dem Umformgrad des Stahls ab. Die Bildreihe kann nur verwendet werden, wenn die Form der Einschlüsse in der Probe mit derjenigen in den Bildreihen verglichen werden kann.

ANMERKUNG Je geringer der Umformgrad, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass Poren im Metall verbleiben. Eine unzureichende Unterscheidung zwischen Poren und Einschlüssen wird das Endergebnis beeinflussen. Ein zu hoher Umformgrad führt zu einer unangemessenen statistischen Darstellung der längsten Einschlüsse.

7.3 Größe und Anordnung der Messfläche

Die polierte Oberfläche der zur Ermittlung des Einschlussgehaltes verwendeten Probe sollte mindestens 200 mm² umfassen (z. B. 20 mm × 10 mm) und muss parallel zur Hauptverformungsrichtung (z. B. der Walzrichtung) liegen.

Die Probenahme und die Anzahl der Proben müssen in der Produktnorm festgelegt oder zwischen den Beteiligten vereinbart werden.

Liegt keine Vereinbarung vor, muss die Probenahme wie folgt vorgenommen werden, siehe Bild 8:

- a) Stabstahl oder Knüppel mit einem Durchmesser von über 50 mm: Die Messfläche muss mittig zwischen Oberfläche und Mitte liegen. Die längere Seite muss senkrecht und die kürzere Seite muss parallel zur Hauptverformungsrichtung liegen (siehe Bild 8 a));
- b) Stabstahl mit einem Durchmesser kleiner gleich 50 mm, aber größer als 25 mm: Die zu prüfende Fläche umfasst den halben Querschnitt (von der Mitte bis zur Außenkante der Probe) (siehe Bild 8 b));
- c) Stabstahl mit einem Durchmesser kleiner gleich 25 mm: Die zu prüfende Fläche umfasst den gesamten Querschnitt (siehe Bild 8 c));
- d) Bleche mit einer Dicke kleiner als 25 mm: Die Probe umfasst die gesamte Dicke (siehe Bild 8 d));
- e) Bleche mit einer Dicke zwischen 25 mm und 50 mm: Die Probe umfasst die halbe Dicke, Lage zwischen Oberfläche und Mitte;
- f) Bleche mit einer Dicke größer als 50 mm: Die Probe umfasst ein Viertel der Dicke. Die Probenlage ist nicht festgelegt.

Die Anordnungen der Messflächen bei Rohren sind in Bild 8 e) angegeben.

Für dünne Produkte könnte eine Probe aus mehreren Teilproben zusammengesetzt sein. In diesem Fall ist die Messfläche einer Teilprobe kleiner als 200 mm².

Für alle anderen Produkte müssen die Probenahmeverfahren zwischen den Beteiligten vereinbart werden.

7.4 Anzahl der Proben

Einzelne Proben ergeben keinen repräsentativen Wert für den Gehalt an Einschlüssen einer Schmelze oder eines Loses und aus diesem Grund muss die Prüfung mit mehreren Proben durchgeführt werden. Falls die Anzahl der auszuwertenden Proben nicht in der Produktnorm oder durch besondere Vereinbarung festgelegt ist, muss der Einschlussgehalt an mindestens sechs Proben geprüft werden.

7.5 Probenvorbereitung

Die Probe muss so geschnitten werden, dass eine für die Prüfung geeignete Oberfläche entsteht. Um eine ebene Oberfläche zu erzeugen und Abrundungen der Kanten beim Polieren der Proben zu vermeiden, dürfen die Proben mechanisch eingefasst oder eingebettet werden.

Beim Polieren der Proben ist es wichtig, jegliches Verformen oder Herausreißen von Einschlüssen oder Fremdschichten auf der polierten Fläche zu vermeiden, sodass die Oberfläche so sauber wie möglich ist und das Erscheinungsbild der Einschlüsse nicht beeinflusst wird. Diese Vorsichtsmaßnahmen sind vor allem bei kleinen Einschlüssen von besonderer Bedeutung. Es wird empfohlen, Diamantpaste für das Polieren zu verwenden. Die Art des Schmiermittels kann von der Art der Einschlüsse abhängen (Wasser kann ein unzulässiges Schmiermittel für einige Arten von Einschlüssen, z. B. Sulfide sein). Teilchen des Schleif- und Poliermittels dürfen nicht in die polierte Oberfläche eingedrückt werden. In bestimmten Fällen kann es notwendig sein, die Proben vor dem Polieren zu härten, damit die Einschlüsse nicht herausgerissen werden.

8 Prüfverfahren

8.1 Vergrößerung

Die Länge des Messfeldes von 710 µm ist zu verwenden, wenn nichts anderes festgelegt ist. Ist es nicht möglich, diesen Wert zu verwenden, können andere Vergrößerungen gewählt werden. Dies muss im Prüfbericht angegeben werden. Die Vergrößerung darf während einer Messung nicht geändert werden.

Bei der Auswertung von Bildern muss die Auflösung des Bildes höher sein als die kürzeste zu bestimmende Länge. Bei hundertfacher Vergrößerung (10fach-Linse) sollte der Kalibrierfaktor 1 µm/Pixel oder genauer

betragen und an die optische Auflösung des vollständigen Systems angepasst werden, die im Idealfall bis zu 0,3 µm beträgt. Die kleinsten zu bestimmenden Teilchen sollten auf mindestens 10 Pixel abgebildet werden.

Die Vergrößerung G ist nur durch die Größe des Messfeldes auf der Probe festgelegt. Für die Auswertung mit der Bildreihe mit unterschiedlichen Vergrößerungen wird die Länge H der Kante des Messfeldes auf der Probe einen drei folgenden Werte aufweisen: $H = 355 \text{ µm}$, $H = 710 \text{ µm}$, $H = 1\,420 \text{ µm}$.

Diese Werte müssen mit einer Messunsicherheit von $\pm 0,02 \text{ mm}$ für die manuelle Auswertung verwendet werden. Die Fläche A eines Messfeldes auf der Probe ist in Tabelle 1 angegeben:

Tabelle 1 — Fläche A abhängig vom Messfeld

H µm	A mm ²	Vergrößerung
355	0,13 (0,126)	200 : 1
710	0,50 (0,504)	100 : 1
1 420	2,0 (2,016)	50 : 1

BEISPIEL Siehe Anhang E.

8.2 Mikroskopeinstellungen für die bildanalytische und die manuelle Auswertung

Für die automatische Teilchenerkennung sollte der gesamte dynamische Bereich von 8-Bit-Grauwerten und/oder -Farbwerten eingesetzt werden. Für das Erreichen der größtmöglichen Bilddynamik sollten das Mikroskop und die digitale Bildquelle entsprechend den Herstellerempfehlungen eingestellt werden. Die Bildquelle sollte, sofern sie über eine Gammaeinstellung (Gammakorrektur) verfügt, auf einen Gamma-korrekturwert von 1 eingestellt werden.

Die Matrix sollte am oberen Ende der Graustufenskala (> 200) als annähernde Normalverteilung liegen. Alles außerhalb dieser Matrixnormalverteilung in Richtung Graustufe 0 (schwarz) sollte als Teilchen angesehen werden. Für den Fall der Unterscheidung zwischen grauen und schwarzen Teilchen darf dieser Bereich erneut unterteilt werden. In der Regel wird Schwarz als der Bereich von 0 bis 130 und Grau als der Bereich von 131 bis etwa 180 festgelegt. Diese Bereiche sind weder absolut noch normativ. Die Segmentierung sollte im Graustufenbild überprüft werden. Das Flickerverfahren ist ein für diesen Zweck anerkanntes Verfahren.

Die Farbbildauswertungen sollten vergleichbar gehandhabt werden.

8.3 Gesichtsfeld

Bei einer Vergrößerung entsprechend $H = 710 \text{ µm}$ ist das quadratische Messfeld vorgegeben durch ein entsprechend geätztes Glas im Okulareinsatz wie in Bild 9 festgelegt. Für Großfeldmikroskope darf das in Bild 10 festgelegte geätzte Glas verwendet werden.

In dieses geätzte Glas sind zusätzliche Informationen eingearbeitet (siehe Anhang F), und Angaben zur Herstellung dieser Messeinsätze sind in Anhang G gegeben.

Eine Skaleneinheit in dem Okulareinsatz beträgt 10 µm für $H = 710 \text{ µm}$. Der genaue Wert muss durch eine Kalibrierung geprüft werden.

Bei bildanalytischer Auswertung kann bei Einsatz des Auswerteverfahrens K (siehe 9.3) das Gesichtsfeld die gesamte Bildfläche der Kamera einnehmen. In diesem Fall ist eine geeignete Randkorrektur vorzusehen.

8.4 Festlegung der Bilder der Bildreihe

8.4.1 Größe und Form

Als Form der Einschlüsse wird eine Ellipse angenommen, siehe Bild 1 und Bild 2. Anhand dieser idealen Form wurden die tatsächlichen Bilder der Bildreihe so gezeichnet, dass sie möglichst wirklichkeitsgetreu erscheinen mit entsprechenden Änderungen von Größe und Form (siehe Bild 11).

ANMERKUNG Kleine Einschlüsse sind nur in den Bildreihen der Originalgröße der offiziellen Bildreihe sichtbar, jedoch nicht in Bild 11.

8.4.2 Parameter

Einschlüsse können unter Verwendung der Parameter Anzahl n , Länge L , Breite w und Fläche a beschrieben werden. Die Parameter n , L und w werden direkt gemessen oder geschätzt, während a unter Verwendung der Werte nach Tabelle 2 berechnet wird.

8.4.3 Anordnung der Bilder

Die Bilder der Bildreihe sind in horizontalen Zeilen q und vertikalen Spalten k angeordnet (siehe Bild 11). Die Spalten 1 bis 5 enthalten Ellipsen mit unterschiedlichen Breiten, womit gestreckte Einschlüsse wiedergegeben werden. Spalte 6 enthält Kreise zur Beschreibung globularer Einschlüsse. Die Spalten 7 bis 11 geben globulare Einschlüsse wieder, die in Zeilen angeordnet sind. Die Abmessungen entsprechen den Werten, die für die Spalten 1 bis 5 angegeben sind. Spalte 12 zeigt unterschiedliche Anzahlen von Einschlüssen je Messfeld, um das Zählen durch eine Schätzung ersetzen zu können (siehe 8.5.2).

Die Spalte links der Spalte 1 zeigt Einschlüsse mit einer Breite von $2\ \mu\text{m}$ und einer Länge, die der größten Länge der jeweiligen Zeile entspricht. Oberhalb der Bildreihen sind die Arten der Einschlüsse nach Anhang A angezeigt.

Die Bilder stellen die oberen Klassengrenzen dar. Eine Klasse ist gekennzeichnet durch die Nummer der Zeile q und der Spalte k , in dieser Reihenfolge.

BEISPIEL Die Klassenbezeichnung 3.4 kennzeichnet die Klasse Zeile 3 und Spalte 4.

Zu Einzelheiten siehe Anhang I.

8.5 Durchführung

8.5.1 Allgemeines

Die vorbereitete Probe wird unter das Mikroskop gelegt, gewöhnlich bei einer Vergrößerung von 100:1. Zur einfacheren Handhabung dürfen Okulareinsätze wie in Bild 9 und Bild 10 beschrieben verwendet werden. In jedem Gesichtsfeld werden die Einschlüsse nach Form, Anordnung und Größe im Vergleich mit den Bildern der Bildreihe klassiert, wobei für jeden Einschluss zunächst die Nummer der Zeile und daraufhin die Nummer der Spalte der Klasse bestimmt wird. Für diesen Vergleich müssen die Bildreihen in Originalgröße verwendet werden, nicht die Bilder in Bild 11. Einschlüsse dürfen zusätzlich nach Farbe klassiert werden.

Ob manuell oder mit Bildanalyse, Einschlüsse dürfen ebenfalls durch Messen und Vergleichen mit den Werten nach Tabelle 2 bewertet werden, statt der Verwendung der Bildreihen.

8.5.2 Mehrere Einschlüsse unterschiedlicher Größe in einem Gesichtsfeld

8.5.2.1 Allgemeines

Um die Auswertung mehrerer Einschlüsse in einem Gesichtsfeld zu vereinfachen, können folgende Vorgehensweisen für Länge, Breite oder Fläche (indirekt) angewendet werden.

8.5.2.2 Gestreckte Einschlüsse

Bis zu drei gestreckte Einschlüsse werden getrennt ausgewertet. Falls mehr als 3 Einschlüsse in einem Gesichtsfeld vorliegen, muss die Auswertung in drei Schritten durchgeführt werden.

- a) Einschlüsse mit einer Länge größer als ein Viertel der Länge des längsten vorliegenden Einschlusses werden entsprechend der Bildreihe einzeln ausgewertet.
- b) Für den Rest der Einschlüsse werden die mittlere Länge aller Einschlüsse und deren mittlere Breite geschätzt. Anhand dieser Parameter erfolgt die Klassierung entsprechend der Bildreihe (Zeile, Spalte und Nummer).
- c) Die Anzahl der Einschlüsse wird für die in Schritt b) festgelegte Klasse aufgezeichnet. Diese Anzahl kann unter Verwendung von Spalte 12 geschätzt werden (siehe Bild 11).

8.5.2.3 Globulare Einschlüsse

Einschlüsse größer gleich $11\ \mu\text{m}$ müssen einzeln ausgewertet werden. Andernfalls hat die Auswertung in drei Schritten zu erfolgen:

- a) Einschlüsse mit einem Durchmesser größer als die Hälfte des Durchmessers des größten Einschlusses im Messfeld werden entsprechend der Bildreihe einzeln ausgewertet.
- b) Für den Rest der Einschlüsse wird der mittlere Durchmesser geschätzt und dieser Wert durch Vergleich mit den Bildern der Spalte 6 der Bildreihe klassiert.
- c) Die Anzahl der Einschlüsse wird für diese Klasse ermittelt und aufgezeichnet. Diese Anzahl kann unter Verwendung der Spalte 12 geschätzt werden (siehe Bild 11).

8.5.3 Abrastern der Probe

Für alle Ermittlungen muss die gesamte Messfläche abgerastert werden.

8.5.4 Ermittlung und Auswertung

Drei Arten der Ermittlung sind festgelegt und werden entsprechend der Vereinbarung mit dem Kunden oder der Produktnorm angewendet:

- a) Ermittlung der größten Einschlüsse (siehe 9.1);
- b) Ermittlung des Messfeldes mit den größten Einschlussparametern (siehe 9.2);
- c) Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes (siehe 9.3).

Für die Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes kann die Auswertung nach 3.5.2 begrenzt sein oder für jede Spalte einzeln durchgeführt werden. Diese Begrenzungen müssen in den Produktnormen festgelegt sein.

8.5.5 Beurteilung unterschiedlicher Arten von Einschlüssen

Dieser Europäische Norm-Entwurf ^{N1)} bezieht sich lediglich auf die Größe, die Form und die Anordnung von Einschlüssen. Als zusätzliche Kennzeichnung können die Farben berücksichtigt werden (siehe Anhang A). Weitere Angaben und Beispiele sind in Anhang C gegeben.

Klassen der Arten und Anordnungen von Einschlüssen können mit denen anderer Normen verglichen werden (siehe Anhang J).

8.5.6 Aufzeichnung der Ergebnisse

Für die Aufzeichnung und abschließende Berechnung der Ergebnisse wird empfohlen, die Formblätter nach Anhang K, Anhang L und Anhang M oder davon abgeleitete Formblätter zu verwenden, die den Anforderungen der jeweiligen Prüfstellen angepasst sind.

Standardmäßig müssen heterogene Einschlüsse, die teilweise oder vollständig umschlossen sind, als jeweils ein Einschluss betrachtet werden.

Bei Einschlüssen mit unterschiedlichen Teilchen wie in Bild 6, Beispiel 2, muss in der Produktnorm oder durch Vereinbarung zwischen den Beteiligten festgelegt werden, ob die beiden unterschiedlichen Arten als ein Teilchen oder als zwei Arten gemischter Teilchen bewertet werden. Ohne Vereinbarung muss ein Einschluss, der sowohl aus gestreckten als auch aus globularen Teilchen besteht, nach der in der Fläche vorherrschenden Form und anschließend, wenn erforderlich, nach der in der Fläche vorherrschenden Farbe ausgewertet werden.

Sofern nicht anders vereinbart, sollten Zahlenwerte kleiner als 10 auf zwei Stellen hinter dem Komma genau angegeben werden, alle anderen Zahlenwerte sollten auf ganze Zahlen gerundet werden.

In Abwesenheit besonderer Vereinbarungen werden Einschlüsse, deren Länge und/oder Breite den Höchstwert der jeweiligen Klasse überschreitet/-n, der größtmöglichen Klasse zugeordnet. Während der nachfolgenden Bewertung werden sie unter Verwendung der Parameter jener Klasse berücksichtigt, der sie zugeordnet wurden. Darüber hinaus werden sie im Prüfbericht gesondert als übergroße Einschlüsse mit ihrer tatsächlichen Länge und Breite angegeben.

Statt der Bezeichnungen der Arten α , β , γ , δ (grau/schwarz, farbig) können die Gruppenbezeichnungen EA, EB, EC, ED, EAB, EAD und EF (EFB, EFD) verwendet werden. Die Verwendung der Gruppenbezeichnungen kann zum Verlust von Informationen bezüglich der Anordnung von Einschlüssen (regellos oder zeilig) führen.

9 Arten der Auswertung

9.1 Ermittlung der größten Einschlüsse: Verfahren P

9.1.1 Grundlage

Die gesamte Messfläche muss Messfeld für Messfeld abgerastert werden. Die Messfeldgröße beträgt in jedem Fall $H = 710 \mu\text{m}$, siehe 8.1. In jeder Messfläche wird für jede Art von Einschlüssen lediglich der Einschluss mit dem größten Wert des ausgewählten Parameters (L , d oder a) durch Vergleich mit den Bildreihen ausgewertet und aufgezeichnet.

Das Ergebnis der Auswertung ist der Mittelwert der an N_s Proben gemessenen Einzelwerte.

Die diesem Auswerteverfahren zu Grunde liegenden Gleichungen sind in Anhang N zusammengestellt.

Formblätter zum Aufzeichnen und Berechnen sind mit Erläuterungen und Beispielen in Anhang K zusammengestellt.

9.1.2 Auswertung von P_L (größte Länge)

Die Auswertung kann als Bewertung der größten Länge P_L durchgeführt werden. Bei dieser Auswertung wird nur die Zeilennummer des größten Einschlusses in der Messfläche entsprechend den Bildreihen aufgezeichnet. Das Endergebnis P_L ist der Mittelwert von N_s Proben.

9.1.3 Auswertung von P_d (größter Durchmesser)

Diese Auswertung gilt für globulare Einschlüsse. Die Auswertung ist mit der von P_L vergleichbar, allerdings begrenzt auf Spalte 6.

9.1.4 Auswertung von P_a (größte Fläche)

Die Auswertung kann als Bewertung der größten Fläche P_a durchgeführt werden. Es wird lediglich der Einschluss mit der größten Fläche aufgezeichnet. Dies wird erreicht durch eine Klassierung nach Länge und Breite und durch Verwendung der entsprechenden Zeilen- und Spaltennummer, um die jeweilige Fläche aus Tabelle 2 zu entnehmen.

9.2 Ermittlung des Messfeldes mit den größten Einschlussparametern: Verfahren M

9.2.1 Grundlage

Der Wert entsprechend Verfahren M wird durch Abrastern der gesamten Messfläche ermittelt. Die Messfeldgröße beträgt in jedem Fall $H = 710 \mu\text{m}$ (100:1), siehe 8.1.

Jede Probe wird bei der Suche nach dem Messfeld untersucht, in dem Einschlüsse mit dem größten Wert des gewählten Parameters (n , L , d oder a) für jede Art von Einschlüssen vorliegen. Die entsprechende Zeilen- und Spaltennummer werden nur für diese Felder aufgezeichnet.

Das Ergebnis der Auswertung ist der Mittelwert der an N_s Proben gemessenen Einzelwerte.

Formblätter zum Aufzeichnen und Berechnen mit Kommentaren und Beispielen sind in Anhang L zusammengestellt. Die diesem Verfahren zu Grunde liegenden Gleichungen sind in Anhang N angegeben.

9.2.2 Auswertung von M_n (Auswertung nach Anzahl)

Für jede Probe wird für jede Art der Einschlüsse lediglich die größte in einem Messfeld festgestellte Anzahl M_{ns} aufgezeichnet.

Liegen nur wenige Einschlüsse vor, werden sie gezählt. Andernfalls kann ihre Anzahl unter Verwendung von Bild 11, Spalte 12, geschätzt werden. Für N_s Proben ist M_n der Mittelwert der einzelnen Werte M_{ns} .

9.2.3 Auswertung von M_L (Auswertung nach Länge)

Für die gesamten Messflächen jeder Probe s wird nur das Messfeld ausgewertet, das die größte kumulierte Länge aller Einschlüsse einer bestimmten Einschlussart enthält. Für eine Probe ist dieser Wert M_{Ls} .

Die Längen aller Einschlüsse müssen berücksichtigt werden.

Für N_s Proben ist M_L der Mittelwert der einzelnen Werte M_{Ls} .

9.2.4 Auswertung von M_d (Auswertung nach Durchmesser)

Für N_s Proben ist M_d der Mittelwert der Einzelwerte M_{ds} , die wie die Werte M_{Ls} ausgewertet werden.

9.2.5 Auswertung von M_a (Auswertung nach Fläche)

Es wird lediglich das Messfeld mit der größten Flächensumme einer bestimmten Art ausgewertet. Für eine Probe ist dieser Wert M_{as} .

9.3 Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes: Verfahren K

9.3.1 Grundlage

Das Auswerteverfahren K ergibt einen Mittelwert eines Parameters für gesamte Messfläche. Der Messwert K wird durch Abrastern der gesamten Messfläche ausgewertet.

Im Auswerteverfahren K können berechnet werden:

- a) die Anzahl (K_n) oder Anzahl und Länge (K_n , K_L) oder Anzahl und Fläche (K_n , K_a) für gestreckte Einschlüsse;
- b) die Anzahl (K_n) oder Anzahl und Durchmesser (K_n , K_d) oder Anzahl und Fläche (K_n , K_a) für globulare Einschlüsse.

Die Gesamtanzahl der ausgewerteten Messfelder N_j muss einschließlich der leeren Messfelder gezählt werden.

Die Gleichungen, die diesem Auswerteverfahren zu Grunde liegen, sind in Anhang N, Anhang P und Anhang Q zusammengestellt. Formblätter zur Auswertung und zum Berechnen sind mit Kommentaren und Beispielen in Anhang M gegeben.

9.3.2 Abrastern einer Probe für die Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes

Die Messfläche wird Messfeld für Messfeld abgerastert. Für jede Auswertung von Werten, die eine Größe beinhalten, muss eine Randfehlerkorrektur durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass jeder Einschluss nur einmal erfasst wird (siehe Anhang O).

9.3.3 Auswertung

9.3.3.1 Vollständige Auswertung

Die Werte der für die Klassierung definierten Parameter (siehe Tabelle 2) sind obere Grenzwerte (siehe Anhang I). Für die Auswertung der Mittelwerte werden die Parameter jeder Klasse unter Verwendung des Faktors Q gemittelt (siehe Tabelle Q.1). Unabhängig von der verwendeten Vergrößerung ergibt das in Anhang I beschriebene Verfahren unter Anwendung von Tabelle 2 stets die korrekte Klassierung. Für die Klassierung anhand des Vergleichs mit Bildreihen wird eine Vergrößerung von 100:1 empfohlen.

9.3.3.2 Begrenzte Auswertung

Vor der Auswertung darf entschieden werden, ausschließlich Einschlüsse innerhalb eines festgelegten Größenbereichs aufzuzeichnen. Einzelheiten sind in Anhang M, Tabellen M.6 und M.7, angegeben.

9.3.4 Auswertung von K_n , K_L für gestreckte sowie K_n , K_d für globulare Einschlüsse

Für jede Probe wird die Anzahl der Einschlüsse für jede Art von Einschlüssen entsprechend den Zeilen der Bildreihen aufgezeichnet. Ein Beispiel ist in Tabelle M.2 gegeben.

Nach Abschluss der Abrasterung wird die gesamte Anzahl der Einschlüsse je Zeile nach Tabelle M.2 aufgezeichnet und die abgerasterte Gesamtfläche ermittelt.

Die Ergebnisse können unter Verwendung eines zweiten Formblattes berechnet werden, z. B. nach Tabelle M.3.

Dieses zweite Formblatt enthält alle Angaben zur Berechnung von K_n und K_L für gestreckte Einschlüsse der Arten α , γ und β sowie von K_n und K_d für globulare Einschlüsse der Art δ . Diese Formblätter ermöglichen auch eine Berechnung der mittleren Einschlussgrößen je Einschlusstyp.

9.3.5 Auswertung von K_n und K_a

Jede Probe wird durch Ermitteln der Anzahl von Einschlüssen entsprechend der Zeile und Spalte ausgewertet.

Einzelheiten der Auswertung können Anhang M entnommen oder anhand der in Anhang N, Anhang P und Anhang Q aufgeführten Gleichungen hergeleitet werden.

Das Verfahren zur Ermittlung von K_a kann nicht angewendet werden, um den wahren Volumenanteil zu ermitteln. Dies ist in ISO 9042 festgelegt.

10 Prüfbericht

Die Prüfergebnisse müssen entsprechend den diesbezüglichen Festlegungen nach EN ISO/IEC 17025 angegeben werden, und der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- Verweisung auf diese Europäische Norm;
- Stahlsorte und, sofern anwendbar, Angabe des Herstellungsprozesses;
- Form und Abmessung des Produktes, aus dem die Proben entnommen wurden;
- angewendetes Auswerteverfahren nach Abschnitt 9 unter Angabe jeglicher besonderer Bedingung;
- Ergebnis der Auswertung entsprechend der Anforderung der Produktnorm oder entsprechend besonderer Vereinbarungen zwischen den Beteiligten;
- jede Besonderheit, die möglicherweise während der Prüfung aufgetreten ist;
- die verwendete Vergrößerung, wenn sie nicht 100:1 beträgt;
- Verweisung auf die bildanalytische Auswertung.

Tabelle 2 — Länge L , Breite w und Fläche a für die Bildreihen

			einzelne und zusammenhängende gestreckte Einschlüsse sowie Einschlusszeilen globularer Einschlüsse Spalten 1 bis 5 und 7 bis 11 Länge $L \geq 3 \mu\text{m}$ und Breite $w \geq 2 \mu\text{m}$					globulare Einschlüsse Spalte 6 $d \geq 3 \mu\text{m}$
Zeile q	L μm		1 oder 7	2 oder 8	3 oder 9	4 oder 10	5 oder 11	6
1	5,50	$w \mu\text{m}$						5,50
		$a \mu\text{m}^2$						24
2	11	$w \mu\text{m}$			3,0	8,0		11
		$a \mu\text{m}^2$			25	70		97
3	22	$w \mu\text{m}$			4,0	11		22
		$a \mu\text{m}^2$			70	197		387