

Metallographische Prüfverfahren

Mikroskopische Prüfung von Edelstählen auf nichtmetallische Einschlüsse mit Bildreihen

DIN
50 602

Metallographic test methods; microscopic examination of special steels using standard diagrams to assess the content of non-metallic inclusions

Méthodes d'essai métallographiques; examen microscopique des aciers fins pour déterminer de la teneur en inclusions non métalliques à l'aide d'images types

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	1	6 Aufbau und Anwendung der Bildreihentafeln	3
2 Begriffe	2	7 Durchführung der Prüfung	5
3 Bezeichnung der Verfahren	3	8 Auswertung nach Verfahren M und K	6
4 Prüfumfang	3	9 Prüfbericht	7
5 Probenahme und Probenvorbereitung	3		

1 Anwendungsbereich und Zweck

1.1 In der vorliegenden Norm wird die Prüfung von Edelstählen auf nichtmetallische Einschlüsse in Form von Sulfiden und Oxiden beschrieben. Hierfür kommen makroskopische und mikroskopische Verfahren zur Anwendung. Die mikroskopische Prüfung kann am Metallmikroskop und mit automatischen Geräten durchgeführt werden. Automatische Bildauswertungen können von der Geräteseite her gegenwärtig noch nicht genormt werden, weil ihre Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist. In dieser Norm wird ein Verfahren zur mikroskopischen Prüfung am Metallmikroskop festgelegt, das eine Bildreihentafel von systematischem Aufbau benutzt und eine Beschreibung nach Einschlußtyp, Einschlußgröße (Länge und Breite bzw. Durchmesser) und Häufigkeit erlaubt (Bildreihentafel 1). Ein Kennwert, der proportional zum Gehalt an Einschlüssen ab einer festzulegenden Grenzgröße ist, kann getrennt nach oxidischen und sulfidischen Anteilen oder als Gesamtwert errechnet werden. Die Ermittlung maximaler Größen ist ebenfalls vorgesehen.

1.2 Nach Vereinbarung kann die Norm auch auf andere Stähle angewendet werden.

Bei kohlenstoffarmen Stählen und bei nichtrostenden, umwandlungsfreien Stählen sind deren Besonderheiten zu beachten (siehe Abschnitt 5.4).

1.3 Die Norm gilt für die in Tabelle 1 und Bild 1 aufgeführten, umgeformten Profilerzeugnisse. Für Flachzeug in Form von Blechen und Bändern und andere Erzeugnisse geringer Dicke sowie Schmiedestücke mit nicht geradlinigem Faserverlauf sind Besonderheiten zu beachten und Vereinbarungen für die Probenahme und Auswertung zu treffen.

1.4 Für sulfidform-beeinflußte Stähle ist das Stahl-Eisen-Prüfblatt 1575 in Vorbereitung, das das Verhältnis von Länge : Breite der Sulfide berücksichtigt.

1.5 Für eine Prüfung von „Automatenstählen“ nach Form, Größe und Verteilung der nichtmetallischen Einschlüsse ist das Stahl-Eisen-Prüfblatt 1572 – Mikroskopische Prüfung von Automatenstählen auf sulfidische, nichtmetallische Einschlüsse mit Bildreihen¹⁾ – anzuwenden.

1.6 Die Festlegung höchstzulässiger Gehalte und eine Beurteilung nichtmetallischer Einschlüsse im Hinblick auf die Gebrauchseignung von Bauteilen ist nicht Gegenstand dieser Norm. Sie erfolgt in Werkstoffnormen oder Lieferbedingungen.

¹⁾ Zu beziehen beim Verlag Stahleisen mbH, Postfach 8229, 4000 Düsseldorf

Fortsetzung Seite 2 bis 12

Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
 Normenausschuß Eisen und Stahl (FES) im DIN

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.

2 Begriffe

2.1 Nichtmetallische Einschlüsse

Die nach dieser Norm zu beurteilenden nichtmetallischen Einschlüsse sind stahltypische Bestandteile sulfidischer oder oxidischer Zusammensetzung, die von der Erschmelzung im Kontakt mit der nichtmetallischen Auskleidung der Öfen, Pfannen und Gießwege, von Oxidation durch Luft oder Schlackenabdeckungen herrühren und auch eine Folge der Desoxidation und der absichtlichen Zugabe von Schwefel sein können.

Art, Größe, Gestalt und Menge der nichtmetallischen Einschlüsse hängen von der Stahlsorte, dem Erschmelzungs- und Gießverfahren, der Desoxidationsmethode, den Maßen des Gußblockes oder Gießstranges und vom Umformgrad ab. Ihre Verteilung ist selbst in den aus einer Schmelze gefertigten Erzeugnissen niemals gleichmäßig.

2.2 Mikroskopische Einschlüsse

Sie haben eine maximale Fläche im Schliff von $0,03 \text{ mm}^2$. Dieser Flächengrenzwert entspricht im Mikroskop bei einer Vergrößerung von 100 : 1 einer Einschlusslänge von 100 μm bei 3 mm Breite oder – unter Berücksichtigung anderer Verformungsgrade mit entsprechendem Längen-Breiten-Verhältnis bei gleichem Flächeninhalt der Einschlüsse – einer kleineren oder größeren Länge (siehe Abschnitt 6).

2.3 Makroskopische Einschlüsse

Makroskopische Einschlüsse überschreiten den Flächengrenzwert für mikroskopische Einschlüsse. Die Bild-

reihentafel dieser Norm enthält teilweise ab Bildzeile 8 makroskopische Einschlüsse und ermöglicht bei der Berechnung eines Kennwertes eine Angabe für den gesamten Reinheitsgrad.

2.4 Reinheitsgrad

Reinheitsgrad ist im Sinne dieser Norm eine Angabe über den Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen in Form von Sulfiden und Oxiden entsprechend einem der folgenden Ermittlungsverfahren.

- Maximale Größenwerte** von unterschiedlichen Einschlusstypen (Verfahren M).
- Kennwert des Flächenanteils** der nichtmetallischen Einschlüsse im Gefüge als Summenwert der flächenproportionalen Auszählung ab einer festgelegten Einschlussgröße, bezogen auf eine Fläche von 1000 mm^2 . Dieser Kennwert ist eine Maßzahl für den Gehalt dieser Einschlüsse im Erzeugnis (Verfahren K).

2.5 Bildreihentafel

Die Bildreihentafel 1 ist eine nach der geometrischen Zahlenreihe 2^n für den Flächeninhalt der nichtmetallischen Einschlüsse je Zeile aufgebaute Bildtafel, die stahltypische Einschlussformen mit Flächenverdoppelung von Bild zu Bild in Reihen (senkrecht) wiedergibt. Abwandlungen nach Länge \times Breite bzw. Häufigkeit sind für gleiche Flächeninhalte innerhalb einer Zeile (waagrecht) neben den Hauptreihen für die Einschlusstypen als Beispiele für die Beurteilung dargestellt.

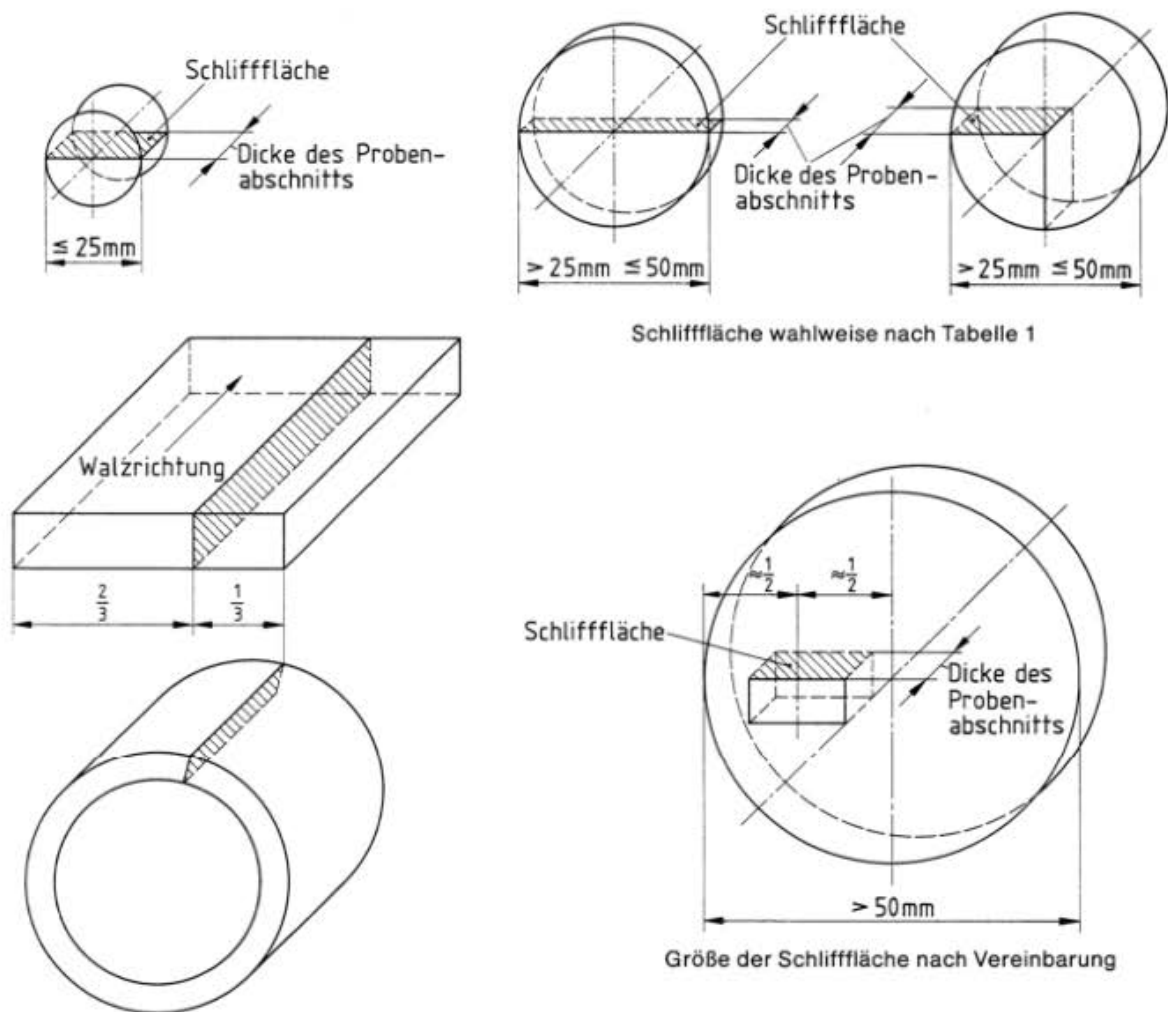


Bild 1. Probenahme aus Erzeugnissen unterschiedlicher Abmessung

Tabelle 1. Lage der Schlieffläche bei verschiedenen Abmessungen

Maße (Durchmesser, kleinere Seitenlänge oder Wanddicke)	Lage der Schlieffläche im Probenabschnitt
bis 25 mm	über den ganzen Querschnitt
über 25 mm bis 50 mm	über den ganzen Querschnitt oder vom Rand bis zur Längsachse
über 50 mm	in der Mitte zwischen Rand und Längsachse oder nach Vereinbarung
Bei Breit-Flachstahl soll die Schlieffläche der Proben senkrecht zur Oberfläche nach dem ersten Drittel der Erzeugnisbreite in Dicken- und Walzrichtung liegen, bei Rohren in Wanddicken- und Walz- bzw. Achsrichtung (siehe Bild 1). Bei Schmiedestücken mit nicht geradlinigem Faserverlauf sind bei der Bestellung Vereinbarungen zu treffen.	

3 Bezeichnung der Verfahren

Bezeichnung der Prüfung auf nichtmetallische Einschlüsse nach dieser Norm, Verfahren K, Zählung von Einschlüssen ab Größenkennziffer 4:

Prüfung DIN 50 602 - K4

4 Prüfumfang

4.1 Die Ermittlung des Reinheitsgrades einer Schmelze oder eines Lieferloses ist an Einzelproben nicht kennzeichnend und muß aus diesem Grunde an mehreren Proben vorgenommen werden. Im allgemeinen wird der Reinheitsgrad an mindestens 6 Proben geprüft.

4.2 Bei jeder Bestellung muß geprüft werden, ob die Umstände eine Verringerung der Probenanzahl auf weniger als sechs erlauben, wobei die Größe der Lieferung, gegebenenfalls die vorangehende Formgebung und die Lage der Probe in bezug auf das Ausgangsmaterial zu berücksichtigen sind. Ein von „mindestens 6 Proben“ abweichender Prüfumfang kann in Liefervorschriften vereinbart werden.

4.3 Wenn die zur Prüfung vorgelegte Werkstoffmenge Besonderheiten aufweist, wenn z. B. die Stücke nicht derselben Schmelze entstammen oder wenn die Maße der einzelnen Stücke wesentlich voneinander abweichen, sind diese Besonderheiten bei der Vereinbarung des Prüfumfanges (siehe Abschnitt 4.2) zu berücksichtigen.

5 Probenahme und Probenvorbereitung

5.1 Die Proben sind so zu entnehmen, daß die auszuwertende Schlieffläche möglichst genau parallel zur Hauptstreckungsrichtung und bei rotationssymmetrischen Querschnitten in der Ebene durch die Achse des Erzeugnisses liegt. Somit sind einwandfreie Voraussetzungen für den Vergleich der nichtmetallischen Einschlüsse in ihrer Längenausdehnung gegeben.

5.2 Tabelle 1 in Verbindung mit Bild 1 enthält Regeln für die Anordnung (Entnahmestellen) der Proben in Rund- und Vierkant-Stahl, Rohren und Breitflachstahl mit kleinerem Verhältnis von Breite : Dicke.

5.3 Die Größe der Schlieffläche der Proben einer zur Prüfung vorgelegten Werkstoffmenge (Schmelze oder Los) hängt von verschiedenen Umständen ab, z. B. von der Art

und den Querschnittsmaßen des Erzeugnisses und vom Auswertungsverfahren (siehe die betreffenden Hinweise in den Abschnitten 8.2.1 und 8.2.2). Auch sollte sie unter dem Gesichtspunkt des Arbeitsaufwandes bei der Probenahme und bei der Prüfung gesehen werden. Deshalb sind nach Bild 1 bezüglich der Größe der Schlieffläche bei Maßen > 50 mm Vereinbarungen zu treffen, z. B. 12 mm × 18 mm entsprechend ½ inch × ¾ inch nach ASTM E 45 oder vom Rand bis zur Längsachse. Nach Möglichkeit sollen die Schliefflächen der Proben einer Prüfeinheit hinsichtlich ihrer Maße einander entsprechen.

5.4 Beim Schleifen der Proben dürfen die Einschlüsse nicht herausgerissen oder in ihrer Gestalt verändert werden, und es dürfen keine Teilchen des Schleif- oder Poliermittels in die Schlieffläche eingedrückt werden. Erforderlichenfalls ist der Schliff zu härten. Die Proben sind deshalb sorgfältig zu schleifen und möglichst kurzzeitig zu polieren.

6 Aufbau und Anwendung der Bildreihentafeln

6.1 Bildreihentafel 1

6.1.1 Die Grundlage der Bildreihentafel 1 bilden 4 Bildreihen (senkrecht) der am häufigsten beobachteten Ausbildungsformen der Einschlüsse mit den Typkennziffern 1, 3, 6 und 8 (Grundreihen) von je 9 Bildern mit den Größenkennziffern 0 bis 8. Der Abbildungsmaßstab der Bildreihentafel 1 ist 100 : 1. Folgende Einschlußtypen werden unterschieden:

Einschlußtyp	SS	Sulfidische Einschlüsse in Strichform
Einschlußtyp	OA	Oxidische Einschlüsse in aufgelöster Form (Aluminium-Oxide)
Einschlußtyp	OS	Oxidische Einschlüsse in Strichform (Silikate)
Einschlußtyp	OG	Oxidische Einschlüsse in globularer Form.

Die abgeleiteten Bildreihen 0, 2, 4, 5, 7 und 9 sind in den Abschnitten 6.1.2 und 6.1.3 beschrieben.

Die neun Bilder einer Bildreihe mit den Größenkennziffern 0 bis 8 zeigen unter der Größenkennziffer 0 den kleinsten bei Vergrößerungen 100 : 1 auswertbaren mikroskopischen Einschluß und unter der Größenkennziffer 8 teilweise Einschlüsse im bereits makroskopischen Bereich des jeweiligen Einschlußtyps. Der Flächeninhalt der dargestellten Einschlüsse verdoppelt sich von Bild zu Bild entsprechend der geometrischen Reihe 2^n , wobei n die Größenkennziffer bedeutet.

Die Länge des maßgeblichen Einschusses vergrößert sich von Bild zu Bild um das 1,5fache bei gleichzeitiger Zunahme der mittleren Breite der Zeilen, damit die Grundformel für die Steigerung des Flächeninhalts eingehalten bleibt. Die Länge und in Reihe 6 auch die Breite sind zur Erleichterung der Messung an den Bildern der Bildreihentafel 1 vermerkt. Die Länge eines Oxides ist bei der aufgelösten Form OA größer als bei der geschlossenen Strichform OS bei gleicher Breite, da der Flächeninhalt bei gleicher Größenkennziffer sonst unterschiedlich wäre.

Die Größenkennziffer 9 ist makroskopischen Einschlüssen vorbehalten, die bildlich nicht dargestellt sind, weil sie über die Bildfeldbegrenzung hinausreichen.

6.1.2 Wenn ein einzelner Einschluß bei gleicher Länge halb so breit ist wie im Vergleichsbild der Grundreihen 1, 3 bzw. 6, so beträgt der Flächeninhalt nur den halben Wert, die Größenkennziffer ist also um 1 verkleinert. Dieses ist durch die jeweilige Bildreihe (0, 2, 5) links von der Grundreihe dargestellt. Analog gilt dieses Vorgehen bei der Bewertung auch für dickere Einschlüsse mit doppelt so großem Flächeninhalt. Dann ist die Größenkennziffer um 1 erhöht.

6.1.3 Sind im Blickfeld weitere, bis 2 Größenkennziffern kleinere nichtmetallische Einschlüsse sichtbar, so vergrößert sich ihr Flächeninhalt im Teilkreis ebenfalls, und es wird die Größenkennziffer um 1 vergrößert, wie in den Bildreihen 4 und 7 rechts von der jeweiligen Grundreihe dargestellt. Sulfide treten meist nestförmig auf, so daß auf die Darstellung von Einzelsulfiden verzichtet werden konnte. Wenn Sulfide vereinzelt auftreten, werden für die Längen- bzw. Flächenabschätzung die Maße des längsten Einschlusses in den SS-Bildreihen zugrundegelegt und wird die Größenkennziffer um 1 vermindert.

6.2 Bildreihentafeln 2 und 3

6.2.1 Das Prinzip gleicher Größenkennziffern für gleiche Flächeninhalte der Einschlüsse gilt auch für dünnere, stärker gestreckte Einschlüsse und solche mit höherem Grad der Auflösung als in der Bildreihentafel 1 angegeben. Da

diese Einschlüsse in ihrer Längenausdehnung meistens über die Bildfeldbegrenzung (Teilkreis) im Mikroskop hinausgehen, werden sie in den Tabellen 2 und 3 zahlenmäßig beschrieben, mit Angabe der jeweiligen Größenkennziffer für unterschiedliche Kombinationen von Länge und Breite.

Im Bild 2 sind diese zahlenmäßigen Zusammenhänge graphisch dargestellt. Es kann besonders für die einfache Ableitung von Zwischenwerten der Länge und Breite dieser Einschlüsse verwendet werden.

Die die Bildreihentafel 1 ergänzenden Bildreihentafeln 2 und 3 sollen Hilfen bei der Zuordnung zu einer zu verkleinernden bzw. zu vergrößernden Größenkennziffer leisten für dünnere und stärker aufgelöste, sowie für stärker gehäufte Einschlußformen, als sie den Bildern der Grundreihen entsprechen. Das Prinzip einer Anpassung der Größenkennziffer entsprechend dem Flächeninhalt der

Tabelle 2. Schema für die Zuordnung schmaler langgestreckter nichtmetallischer Einschlüsse nach ihrer Breite und Länge zu den Zeilen der Bildreihentafel 1 (d. h. zu den Größenkennziffern)

Kennziffer der Zeile (n): Größenkennziffer	Mittlere wahre Breite (b) der nichtmetallischen Einschlüsse in µm								Flächeninhalt (A) ¹⁾ (Vergrößerung 100:1) mm ²
	0,5 ²⁾	1	2	3	5	7	10		
	Mittlere wahre Länge (l) in mm								
0	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,014	0,01		1
1	0,40	0,20	0,10	0,06	0,04	0,028	0,02		2
2	0,80	0,40	0,20	0,12	0,08	0,056	0,04		4
3	1,60	0,80	0,40	0,25	0,16	0,11	0,08		8
4	3,20	1,60	0,80	0,50	0,32	0,22	0,16		16
5	6,40	3,20	1,60	1,00	0,64	0,44	0,32		32
6		6,40	3,20	2,00	1,28	0,88	0,64		64
7			6,40	4,00	2,56	1,76	1,28		128
8				8,00	5,12	3,52	2,56		256

Die Zahlenpaare in den Kästchen geben Beispiele für entsprechende Bilder in der Bildreihentafel 1 an.

¹⁾ Es gilt (auch hier) $A = 2^n$.

²⁾ Infolge der Annäherung an die Grenze des lichteoptischen Auflösungsvermögens ist eine genaue Angabe der wahren Breite der Einschlüsse in diesem Größenbereich nicht mehr sinnvoll.

Tabelle 3. Bereiche der in Tabelle 2 angegebenen mittleren Längen der nichtmetallischen Einschlüsse

Kennziffer der Zeile (n): Größenkennziffer	Mittlere wahre Breite (b) der nichtmetallischen Einschlüsse in µm													
	0,5 ¹⁾		1		2		3		5		7		10	
	Bereich der mittleren wahren Länge (l) in mm													
	über	bis	über	bis	über	bis	über	bis	über	bis	über	bis	über	bis
0	0,15	0,29	0,065	0,15	0,033	0,065	0,022	0,045	0,015	0,03	0,010	0,02	0,0065	0,015
1	0,29	0,56	0,15	0,29	0,065	0,15	0,045	0,09	0,03	0,06	0,02	0,04	0,015	0,029
2	0,56	1,10	0,29	0,56	0,15	0,29	0,09	0,15	0,06	0,12	0,04	0,08	0,029	0,051
3	1,10	2,20	0,56	1,10	0,29	0,56	0,15	0,35	0,12	0,22	0,08	0,16	0,051	0,11
4	2,20	4,40	1,10	2,20	0,56	1,10	0,35	0,66	0,22	0,44	0,16	0,32	0,11	0,22
5	4,40	8,80	2,20	4,40	1,10	2,20	0,66	1,40	0,44	0,88	0,32	0,60	0,22	0,44
6			4,40	8,80	2,20	4,40	1,40	2,80	0,88	1,66	0,60	1,20	0,44	0,88
7					4,40	8,80	2,80	5,60	1,66	3,32	1,20	2,40	0,88	1,66
8							5,60	11,20	3,32	6,64	2,40	4,80	1,66	3,32

¹⁾ Infolge der Annäherung an die Grenze des lichteoptischen Auflösungsvermögens ist eine genaue Angabe der wahren Breite der Einschlüsse in diesem Größenbereich nicht mehr sinnvoll.

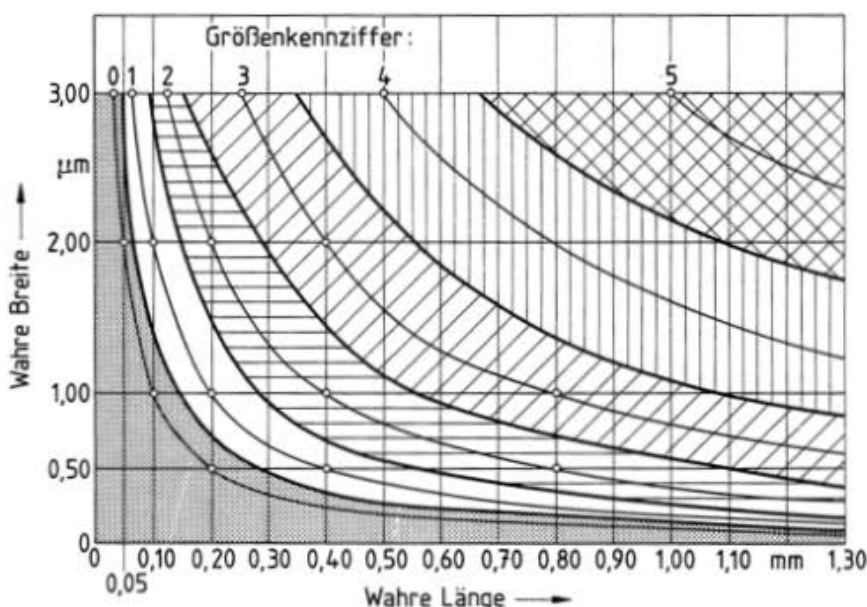


Bild 2. Zusammenhang zwischen wahrer Breite, wahrer Länge und Größenkennziffer der Einschlüsse nach den Tabellen 2 und 3.

Einschlüsse gilt auch, wenn dickere Einschlüsse auftreten, deren Längenzuordnung zunächst nach einer der Grundreihen von Bildreihentafel 1 erfolgt ist.

Beim Gebrauch der Bildreihentafeln 2 und 3 ist der Darstellungsmaßstab (200 : 1) bei der Zuordnung zu den Grundreihen der Bildreihentafel 1 (100 : 1) zu beachten.

6.2.2 Die Bildreihentafel 2 enthält mit den beiden Reihen (OA sowie OS und SS) eine visuelle Hilfe für die Ermittlung der Breite von solchen Einschlüssen. Die jeweilige Länge wird hier nicht zum Ausdruck gebracht und muß somit gemessen und nach Angaben in den Tabellen 2 und 3 bzw. Bild 2 einer Größenkennziffer zugeordnet werden.

6.2.3 Die Bildreihentafel 3 gibt in der linken Reihe Einschlüsse des Typs OA in unterschiedlich aufgelöster Form wieder. Die zugehörigen Zahlen geben an, um welchen Betrag die der Gesamtlänge zugeordnete Größenkennziffer entsprechend einem größeren Lockerheitsgrad zu verkleinern ist (siehe Abschnitt 7.2.3 und beachte Abschnitt 7.2.4). Die Zeilenbreite ist nach Bildreihentafel 2 zu beurteilen.

Die rechte Reihe der Bildreihentafel 3 dient zur Einordnung gehäuft auftretender Einschlüsse, bei denen für eine Zuordnung im Vergleich zu einem einzelnen Einschuß der Grundreihe nicht nur die Menge und der gegenseitige Abstand, sondern die Fläche aller nichtmetallischen Einschlüsse, also auch deren gesamte Längenausdehnung, zu beachten ist. Die zugehörigen Zahlen geben an, um welchen Betrag die Größenkennziffer bei zunehmender Häufigkeit zu erhöhen ist.

6.2.4 Bei einer Zuordnung von globularen Einschlüssen wird, soweit sie nicht in der Bildreihentafel 1 dargestellt sind, also bei sehr kleinen, sehr großen oder stark gehäuft auftretenden Einschlüssen, ebenfalls das Prinzip der Zuordnung nach der Gesamtfläche der Einschlüsse zugrundegelegt.

6.3 Zur besseren Übersichtlichkeit und Arbeitersparnis ist es bei hinreichender Einübung möglich, von der Bildreihentafel 1 nur die Grundreihen 1, 3, 6 und 8 mit den Bildreihentafeln 2 und 3 für geringere Einschlußdicke, stärkeren Auflösungsgrad und mit größerer Häufigkeit bei der Prüfung anzuwenden bzw. sich auf deren Abbildung zu beschränken, weil die abgeleiteten Bildreihen 0, 2, 4, 5, 7 und 9 auch nur Bewertungsbeispiele zeigen mit einer Abweichung von „einer“ Größenkennziffer z. B. bei gleicher Längenausdehnung des Einschlusses.

7 Durchführung der Prüfung

7.1 Die Schlißproben werden mit dem Mikroskop bei der Vergrößerung 100 : 1 betrachtet. Diese Vergrößerung ist gleich dem Abbildungsmaßstab der Bildreihentafel 1²⁾.

Die Beobachtung kann entweder am Okular oder an dem auf eine Mattscheibe projizierten Schlißbild erfolgen. Das Beobachtungsfeld muß die gleiche Größe wie die Vergleichsbilder der Bildreihentafel 1 haben (möglichst 80 mm Durchmesser; Felder mit einem Durchmesser zwischen 75 und 80 mm sind jedoch zulässig). Zweckmäßig ist eine Begrenzung des Beobachtungsfeldes auf dieses Maß durch einen Teilkreis im Okular oder auf der Mattscheibe. Zur Beobachtung sehr dünner Einschlüsse wird zweckmäßigerweise bei einer Vergrößerung 200 : 1 gearbeitet. Diese Vergrößerung ist gleich dem Abbildungsmaßstab der Bildreihentafeln 2 und 3.

7.2 Bei der Zuordnung der nichtmetallischen Einschlüsse in einem Beobachtungsfeld ermittelt man dasjenige Bild der Bildreihentafel 1, eventuell ergänzt durch das zutreffende Bild nach den Bildreihentafeln 2 und 3, das dem beobachteten entspricht. Hierbei geht man zweckmäßigerweise von der Längenmessung oder -abschätzung des maßgeblichen Einschlusses aus.

7.2.1 Bei der Auswertung ist besonders zu beachten, daß die Bildreihentafel 1 bei den Größenkennzahlen 6, 7 und 8 der Bildreihen 0 bis 6 einzelne Sichtfelder aufweist, bei denen die maßgebliche Länge des kennzeichnenden nichtmetallischen Einschlusses über den Durchmesser des Sichtfeld-Kreises mehr oder weniger weit hinausreicht. Die Zuordnung beobachteter nichtmetallischer Einschlüsse erfolgt in diesen Fällen nach den unter den Bildern stehenden Zahlenangaben für die Länge. Wenn nicht anders vereinbart, werden Einschlüsse von noch größerer Länge (bei gleicher und größerer Dicke) einheitlich mit der Kennziffer 9 belegt.

²⁾ Die dieser Norm beigeheftete Bildreihentafel 1 enthält die Bildreihen in verkleinertem Maßstab von rund 1 : 3 gegenüber der Originaltafel. Sie kann daher nur einen Überblick über den Aufbau wiedergeben. Für die eigentliche Auswertung ist die Bildreihentafel im Maßstab 1 : 1 zu verwenden, die vom Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 4-10, 1000 Berlin 30, bezogen werden kann.

7.2.2 Sind innerhalb eines Beobachtungsfeldes Einschlüsse verschiedener Art und Form entsprechend den Bildreihen ganz eindeutig voneinander zu unterscheiden, dann sind sie so zu behandeln, als wenn sie getrennt in verschiedenen Beobachtungsfeldern vorkämen.

7.2.3 Auf einer Linie hintereinanderliegende Einschlüsse in Zeilenform der Einschlußtypen SS, OS und, bei geringem Auflösungsgrad, auch OA sind dann als zusammenhängend anzusehen, wenn der Abstand zwischen 2 Einschlüssen kleiner ist als die Länge des kleineren der beiden Einschlüsse. Die Abstände werden mitgemessen. Punktförmige Einschlüsse werden für die Bildung einer solchen Gesamtlänge nicht berücksichtigt.

7.2.4 Für Einschlußtyp OA gibt die Bildreihentafel 3 (linke Reihe) Regeln zur Bewertung des Grades der Auflösung für die Bildung der flächengerechten Größenkennziffer. Wird der mittlere Abstand der Teilchen einer solchen Einschlußzeile größer als der Abstand der im linken oberen Bild der Bildreihentafel 3 dargestellten punktförmigen Einschlüsse, so wird nach Einschlußtyp OG ausgewertet. Die Darstellung soll im Prinzip zeigen, daß lockere Zeilen, dem Flächeninhalt an Oxiden entsprechend, niedrigere Größenkennziffern erhalten müssen. Diese fallen gewöhnlich in Bereiche zurück, die z. B. beim K4-Wert nicht mehr registriert werden, aber beim K1-Wert noch zu beachten sind.

7.3 An den Proben wird im allgemeinen die gesamte auszuwertende Schlieffläche untersucht. Ausnahmen hiervon, die nur bei dem Verfahren K (siehe insbesondere Abschnitt 8.2.2.3) in Betracht kommen, müssen gegebenenfalls besonders vereinbart und in der betreffenden Lieferbedingung festgelegt werden.

8 Auswertung

8.1 Grundsätzliche Hinweise

8.1.1 Die beobachteten nichtmetallischen Einschlüsse werden – in der nachstehenden Reihenfolge und durch einen Punkt voneinander getrennt – jeweils mit der Typkennziffer für die betreffende Bildreihe (Einschlußart und -form) und der nach den Abschnitten 6 und 7 ermittelten Größenkennziffer der Bildreihentafel 1 bezeichnet, z. B. 1.2, 5.3, 6.5

Eine Angabe gebrochener Zahlen für die Kennzeichnung der Größen-Zuordnung (z. B. 2,5; 4 1/2) ist nicht zulässig.

8.1.2 Zum Eintragen der Prüfergebnisse und deren Auswertung werden zweckmäßigerweise Vordrucke verwendet (z. B. nach dem Muster der Tabellen 4, 7 und 8).

8.2 Verfahren der Auswertung

In den Abschnitten 8.2.1 und 8.2.2 sind zwei verschiedene Auswertungsverfahren beschrieben. Welches der beiden Verfahren angewendet werden soll, ist in der betreffenden Lieferbedingung festzulegen.

8.2.1 Verfahren M

8.2.1.1 Bei diesem Verfahren soll ermittelt werden, welche größten (maximalen³⁾) Einschlüsse der verschiedenen Arten und gegebenenfalls Formen in der zur Prüfung vorgelegten Werkstoffmenge vorkommen.

Die Proben sind entsprechend den Festlegungen in den Abschnitten 5.2 und 5.3 zu entnehmen. Die auszuwertende Schlieffläche beträgt etwa 200 mm², wenn die Maße 12 mm × 18 mm vereinbart wurden.

Dieses Auswertungsverfahren reicht für die meisten betrieblichen Zwecke aus und wird z. B. bei Edelbaustählen angewendet.

8.2.1.2 An jeder Probe wird die gesamte zur Auswertung bestimmte Schlieffläche abgesucht, und es wird je Bildreihe der Bildreihentafel 1 (gegebenenfalls unter Zuhilfenahme der Bildreihentafeln 2 und 3) festgestellt, welche höchste Größenkennziffer der nichtmetallischen Einschlüsse vorkommt; diese wird aufgeschrieben. Aus den an den untersuchten Schliffen je Bildreihe ermittelten höchsten Kennziffern wird jeweils das arithmetische Mittel gebildet. Diese Mittelwerte gelten als Kennzeichen für den „Reinheitsgrad“ der zur Prüfung vorgelegten Werkstoffmenge unter den hier vorliegenden Bedingungen. Die Häufigkeit des Auftretens von nichtmetallischen Einschlüssen geht in dieses Auswertungsverfahren nicht ein. Damit ist auch kein Vergleichswert für den Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen gegeben.

8.2.1.3 Die Tabelle 4 gibt ein Beispiel für die Aufschreibung der Prüfergebnisse im Rahmen einer solchen Auswertung, bei der die Werte der abgeleiteten Bildreihen der Bildreihentafel 1 mit den Werten der Grundreihen 1, 3, 6 und 8 entsprechend dem in Abschnitt 6.3 angegebenen Vorgehen zu den vier Einschlußtypen zusammengefaßt wurden. Flächengleiche Einschlüsse in dünner oder gehäufte Form haben die gleiche Größenkennziffer und lassen sich daher gemeinsam unter der Bezeichnung des Einschlußtyps zählen.

8.2.1.4 Beim Verfahren M kann für eine Prüfung auf sulfidische nichtmetallische Einschlüsse etwa der Größenkennziffern 3 und darunter ein Gradmesser allgemeiner Art, z. B. die Anwendung von Vergleichsbildern, die nur einen bestimmten „Hintergrund“ des Einschlußgehaltes angeben, bei der Bestellung zusätzlich vereinbart werden.

Tabelle 4. Beispiel für die Darstellung der Prüfergebnisse bei einer Auswertung nach maximalen Größenkennziffern nach Verfahren M (siehe Abschnitt 8.2.1.3)

Schliff lfd. Nr	Je Schliff und je berücksichtigte Bildreihe der Bildreihentafel ermittelte maximale Größenkennziffer			
	SS	OA	OS	OG
1	4	5	3	3
2	5	4	4	2
3	3	4	4	2
4	4	3	3	3
5	4	4	2	1
6	3	4	4	3
7	4	3	3	4
8	5	4	3	3
9	3	5	4	2
Mittelwert	3,9	4,0	3,3	2,6

8.2.2 Verfahren K

8.2.2.1 In bestimmten Fällen kann es zweckmäßig sein, alle nichtmetallischen Einschlüsse ab einer festgelegten Einschlußgröße zu erfassen und den Reinheitsgrad einer Schmelze oder eines Loses durch einen zusammenfassenden, den Flächeninhalt der Einschlüsse kennzeichnenden Kennwert K⁴⁾ anzugeben. Bei einer solchen Auswertung beträgt die Größe der auszuwertenden Schlieffläche der Proben jeweils mindestens 100 mm². Für die Entnahme-

³⁾ Siehe Abschnitt 2.4

⁴⁾ Siehe Abschnitt 2.4

Tabelle 5. Richtlinien für die Auswertung beim Verfahren K

Art des Werkstoffs und des Erschmelzungsverfahrens	Bei der Auswertung zu berücksichtigender Bereich von Größenkennziffern	Kennzeichen *)	Beispiel einer entsprechenden Auswertung
Lufterschmolzene Edelstähle, z.B. Wälzlagerstähle sowie Bau- und Werkzeugstähle mit besonderen Güteanforderungen für Maße ≥ 30 mm	≥ 4	K 4	Tabelle 7
Edelstähle oder Legierungen, die unter Vakuum erschmolzen oder unter Vakuum oder nach dem Elektroschlackeverfahren umgeschmolzen worden sind	≥ 1	K 1	Tabelle 8
*) Die Zahl hinter dem Kennbuchstaben K gibt die kleinste bei der Auswertung berücksichtigte Größenkennziffer der Bildreihentafel 1 an (siehe Abschnitt 3).			

stellen der Proben und die Größe der Schlißfläche gelten die Hinweise in den Abschnitten 5.2 und 5.3.

8.2.2.2 Für die Auswertung ist jeweils zu entscheiden, ab welcher Größenkennziffer die nichtmetallischen Einschlüsse erfaßt werden sollen. Diese (niedrigste) Kennziffer richtet sich vor allem nach dem Herstellungsverfahren (insbesondere der Erschmelzung), sowie nach dem Verwendungszweck des betreffenden Werkstoffes und dessen Maße.

Aufgrund der Erfahrungen und Gepflogenheiten lassen sich die in Tabelle 5 enthaltenen Regeln angeben, die bei Vereinbarungen über das Auswertungsverfahren möglichst zugrundegelegt werden sollen.

8.2.2.3 Sofern nichts anderes vereinbart wurde, wird jeweils die gesamte auszuwertende Schlißfläche untersucht. Die sulfidischen und die oxidischen Einschlüsse werden getrennt gezählt und entsprechend den Beispielen in den Tabellen 7 und 8 aufgeschrieben. Sofern auf der auszuwertenden Schlißfläche nur einzelne, vorgegebene Meßfelder oder Meßfeld-Bereiche geprüft werden (was nur in Ausnahmefällen zweckmäßig sein wird), so muß die Größe und Verteilung dieser Meßfelder oder Meßfeld-Bereiche den Bedingungen einer statistischen Prüfung entsprechen.

8.2.2.4 Rechenschema zur Auswertung beim Verfahren K
Die Voraussetzungen und Überlegungen für das in dieser Norm angegebene Rechenschema zur Ableitung von Summenkennwerten gehen davon aus, daß zur einfachen Berechnung die am häufigsten gezählte Größenkennziffer 4 den Faktor 1 erhält. Die sich nach der geometrischen Reihe 2^{n-4} ergebenden Faktoren für die übrigen Größenkennziffern werden so gerundet, daß bei der Berechnung nur verdoppelt oder halbiert zu werden braucht (bei gegebenenfalls notwendig werdender Kommaverschiebung). Die sich ergebende Abweichung bei der Berechnung liegt innerhalb der Streuung, die sich aus der Tatsache ergibt, daß nichtmetallische Einschlüsse nicht gleichverteilt im Stahl auftreten. Die größeren Einschlüsse werden dabei schärfer bewertet.

In Tabelle 6 sind die bei den Rechnungen anzuwendenden Faktoren angegeben.

Bei der Errechnung der Summenkennwerte wird wie folgt verfahren (siehe dazu auch die Beispiele in den Tabellen 7 und 8): Die Anzahl der je Einschlußtyp (SS, OA, OS, OG) und je Größenkennziffer beobachteten nichtmetallischen Einschlüsse wird mit dem jeweiligen Faktor (f_z , siehe Tabelle 6) multipliziert, und die Produkte werden, im allgemeinen getrennt nach den Sulfiden und den gesamten Oxiden, addiert. Die so erhaltenen „ersten Zwischensummen“ des Einzelschliffes werden anschließend für sämtliche Proben der Prüfeinheit addiert, so daß man eine „zweite Zwischensumme“ (in mm^2) für alle Proben erhält. Dieses Ergeb-

nis wird auf eine Schlißfläche von 1000 mm^2 umgerechnet, entsprechend der folgenden Gleichung:

$$\frac{\text{Zweite Zwischensumme} \cdot 1000}{\text{Gesamtschlißfläche der Proben (in } \text{mm}^2\text{)}} = \text{Summenkennwert}$$

Der in dieser Weise für die Sulfide (S:) und die Oxide (O:) getrennt errechnete „Summenkennwert“ kann, gemäß Absprache, zu einem „Gesamt-Summenkennwert“ durch Addition zusammengefaßt werden.

Die beiden Summenkennwerte oder der Gesamt-Summenkennwert kennzeichnen den Reinheitsgrad der untersuchten Prüfeinheit. Die in beiden Fällen erhaltenen Zahlenwerte sollen möglichst ganzzahlig sein und sind zu diesem Zwecke gegebenenfalls zu runden.

Der ermittelte Kennwert für den Reinheitsgrad wird jeweils durch den Buchstaben K und, mit ihm verbunden, die Größenkennziffer für die kleinsten erfaßten Einschlüsse und nötigenfalls durch die Kennbuchstaben der Einschlußtypen gekennzeichnet, damit Verwechslungen und der Vergleich von Ergebnissen unterschiedlichen Inhalts vermieden werden.

Die Schreibweise ist (nach Tabelle 7):

K 4 = 66 (S: 26; O: 40)

In den Tabellen 7 und 8 ist jeweils ein Auswertungsbeispiel einschließlich vollständiger Angaben der Auswertungsbedingungen dargestellt.

9 Prüfbericht

Im Prüfbericht sind unter Hinweis auf diese Norm anzugeben:

- Stahlsorte und Schmelzenkennzeichnung
- Form und Maße des Erzeugnisses, aus dem die Proben entnommen wurden
- Angewandtes Verfahren nach Abschnitt 2.4, gegebenenfalls Besonderheiten
- Ergebnis der Auswertung, und zwar je nach Vereinbarung

– beim Verfahren M

entweder einschließlich der Zwischenergebnisse (Beispiel siehe Tabelle 3) oder nur die Endergebnisse (Mittelwert je berücksichtigte Bildreihe)

– beim Verfahren K

die Angabe der kleinsten berücksichtigten Größenkennziffer, entweder einschließlich der Zwischenergebnisse (Beispiele siehe Tabellen 7 und 8) oder bevorzugt nur die Endergebnisse (Summenkennwerte für S und O oder Gesamt-Summenkennwert) in der Schreibweise nach Abschnitt 8.2.2.4.

Tabelle 6. Faktoren f_g zur Auswertung beim Verfahren K

Größenkennziffer (n)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	(9) **)
Faktoren $F = 2^{n-4}$	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	16	32
Bei der Auswertung anzuwendende Faktoren f_g *)	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50
*) g bedeutet: gerundet										
**) Siehe Abschnitt 7.2.1										

Zitierte Normen und andere Unterlagen

ASTM E 45-81	E: Recommended Practice for determining the inclusion content of steel ⁵⁾ D: Verfahren zur Bestimmung des Gehaltes an Einschlüssen bei Stahl
Stahl-Eisen-Prüfblatt 1572	Mikroskopische Prüfung von Automatenstählen auf sulfidische nichtmetallische Einschlüsse mit Bildreihen ¹⁾

Weitere Normen

DIN 50 600	Prüfung metallischer Werkstoffe; Metallografische Gefügebilder; Abbildungsmaßstäbe und Formate
------------	--

Erläuterungen

Diese Norm wurde vom Gemeinschaftsausschuß NMP 131/FES „Metallografische Prüfungen“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) und des Normenausschusses Eisen und Stahl (FES) in Zusammenarbeit mit dem Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) aufgestellt. Sie ist aus dem Stahl-Eisen-Prüfblatt 1570-71 „Mikroskopische Prüfung von Edelstählen auf nichtmetallische Einschlüsse mit Bildreihen“ und aus dem zu diesem Prüfblatt zugehörigen Beiblatt 1 „Mikroskopische Prüfung von Edelstählen auf schmale langgestreckte nichtmetallische Einschlüsse“ hervorgegangen.

Von der International Organization for Standardization (ISO) wurde die Internationale Norm ISO 4967

- E: Steel — Determination of content of non-metallic inclusions — micrographic method using standard diagrams
D: Stahl — Bestimmung des Gehalts an nichtmetallischen Einschlüssen — Mikroskopische Verfahren mit Bildreihen

1. Ausgabe 15. April 1979⁶⁾

herausgegeben.

Diese Internationale Norm ist von der Bundesrepublik Deutschland abgelehnt worden, vor allem auch deshalb, weil sie Kennzeichnungssysteme enthält, die in Deutschland nicht angewendet werden und auch nicht eingeführt werden sollen. Dafür wird mit der vorliegenden Norm eine Weiterentwicklung des bewährten Stahl-Eisen-Prüfblatts 1570 (1971) mit dem Beiblatt 1 (1977) eingeführt.

Internationale Patentklassifikation

G 01 N 21/84

¹⁾ Siehe Seite 1

⁵⁾ Zu beziehen bei der Auslandsnormenstelle des DIN, Burggrafenstraße 4-10, 1000 Berlin 30.

⁶⁾ Zu beziehen beim Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 4-10, 1000 Berlin 30.

Tabelle 7: Beispiel einer Auswertung zu Verfahren K 4 nach Abschnitt 8.2.2 (siehe Tabelle 5)
(Fall eines an Luft erschmolzenen Edelstahl-Knüppelmaterials 100 mm vierkant)

Probe, lfd. Nr	Größe der ausge- werteten Schliff- fläche mm ²	Einschluß- arten nach Bildreihen- tafel 1	Anzahl der Einschlüsse nach Größenkennziffer											Multiplikation und 1. Zwischen- summe						
			0	1	2	3	4	5	6	7	8									
			Faktor f_g											S*)	O*)					
			0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20									
1	450	SS OA OS OG	X											3	1	1	-	-	10	10
														5	1	-	-	-		
														2	-	-	-	-		
														1	-	-	-	-		
2	400	SS OA OS OG	X											4	2	-	-	-	8	21
														3	1	1	-	-		
														2	1	-	-	-		
														2	-	1	-	-		
3	350	SS OA OS OG	X											2	1	-	1	-	14	12
														4	2	-	-	-		
														1	1	-	-	-		
														1	-	-	-	-		
4	600	SS OA OS OG	X											5	-	-	-	-	5	15
														8	1	-	-	-		
														1	1	-	-	-		
														-	1	-	-	-		
5	250	SS OA OS OG	X											1	1	1	-	-	8	14
														3	1	-	-	-		
														1	-	1	-	-		
														1	1	-	-	-		
6	300	SS OA OS OG	X											4	1	-	1	-	16	21
														2	2	1	-	-		
														2	-	1	-	-		
														1	1	-	-	-		
Summe	2350												2. Zwischensumme		S : 61	O : 93				
												Summenkennwert K 4 **)		S : 26	O : 40					
												Gesamt-Summenkennwert K 4		66						

*) S = Sulfide;
O = Oxide

**) Auf eine Schlifffläche von 1000 mm² umgerechnet und auf ganze Zahlen gerundet.

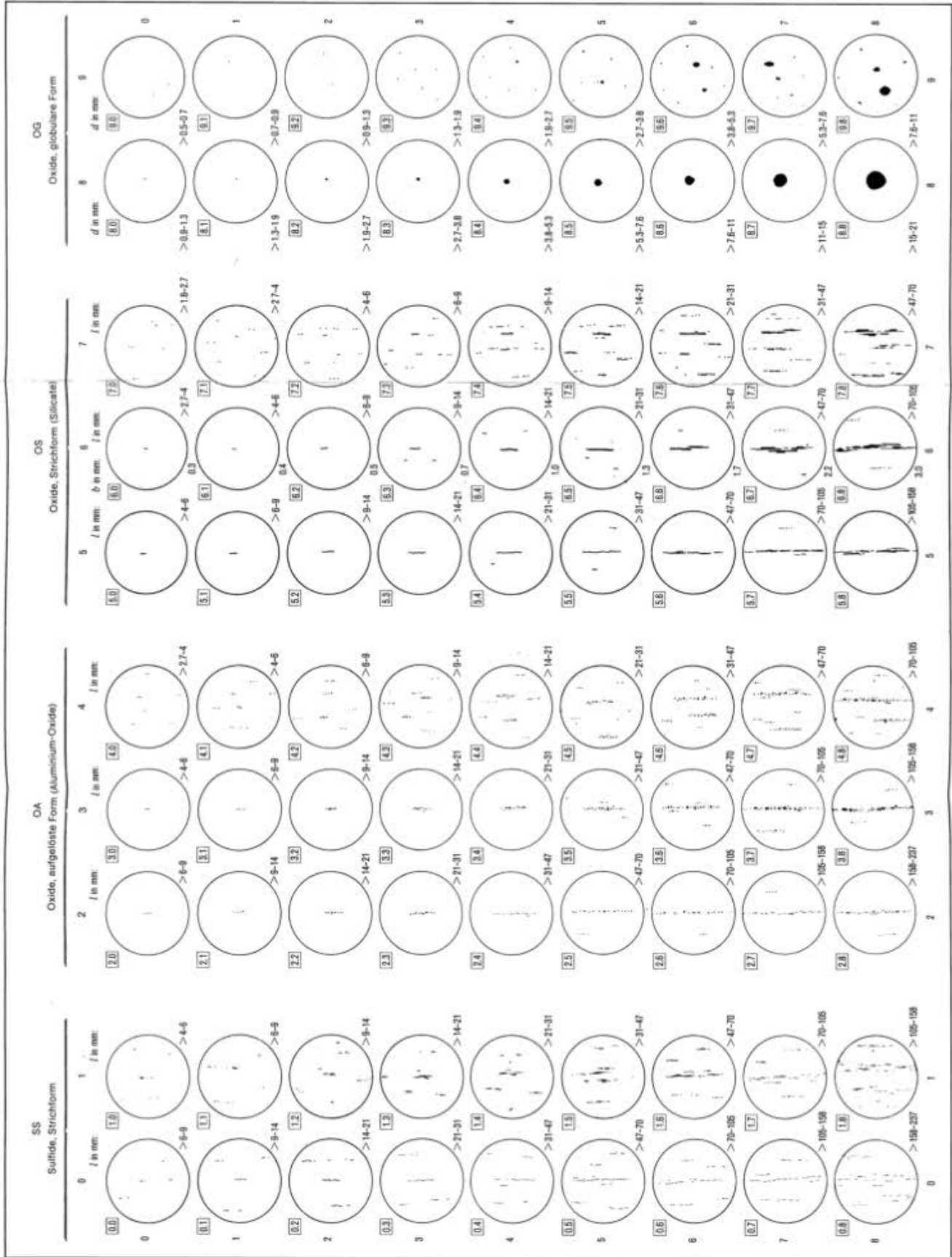
Tabelle 8. Beispiel einer Auswertung zu Verfahren K1 nach Abschnitt 8.2.2 (siehe Tabelle 5)
(Fall eines unter Vakuum umgeschmolzenen Edelstahl-Knüppelmaterials 120 mm vierkant)

Probe, lfd. Nr	Größe der aus- werteten Schliff- fläche mm ²	Einschluß- arten nach Bildreihen- tafel 1	Anzahl der Einschlüsse nach Größenkennziffer										Multiplikation und 1. Zwischen- summe		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	S *)	O *)		
			Faktor f_g												
0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	S *)	O *)					
1	560	SS		6	1	-	-	-	-	-	-	0,8			
		OA		-	-	-	-	-	-	-	-				
		OS		1	-	-	-	-	-	-	-		0,1		
		OG		-	-	-	-	-	-	-	-				
2	530	SS		5	2	-	-	-	-	-	-	0,9			
		OA		-	-	-	-	-	-	-	-				
		OS		-	-	-	-	-	-	-	-		0		
		OG		-	-	-	-	-	-	-	-				
3	570	SS		7	1	-	-	-	-	-	-	0,9			
		OA		2	-	-	-	-	-	-	-				
		OS		-	-	-	-	-	-	-	-		0,2		
		OG		-	-	-	-	-	-	-	-				
4	600	SS		6	3	-	-	-	-	-	-	1,2			
		OA		-	-	-	-	-	-	-	-				
		OS		-	-	-	-	-	-	-	-		0		
		OG		-	-	-	-	-	-	-	-				
5	520	SS		4	-	-	-	-	-	-	-	0,4			
		OA		-	-	-	-	-	-	-	-				
		OS		-	-	-	-	-	-	-	-		0		
		OG		-	-	-	-	-	-	-	-				
6	540	SS		7	1	-	-	-	-	-	-	0,9			
		OA		-	1	-	-	-	-	-	-				
		OS		-	-	-	-	-	-	-	-		0,2		
		OG		-	-	-	-	-	-	-	-				
Summe	3320											2. Zwischensumme		S : 5,1	O : 0,5
												Summenkennwert K1**)		S : 1,54	O : 0,15
												Gesamt-Summenkennwert K1***)		1,7	

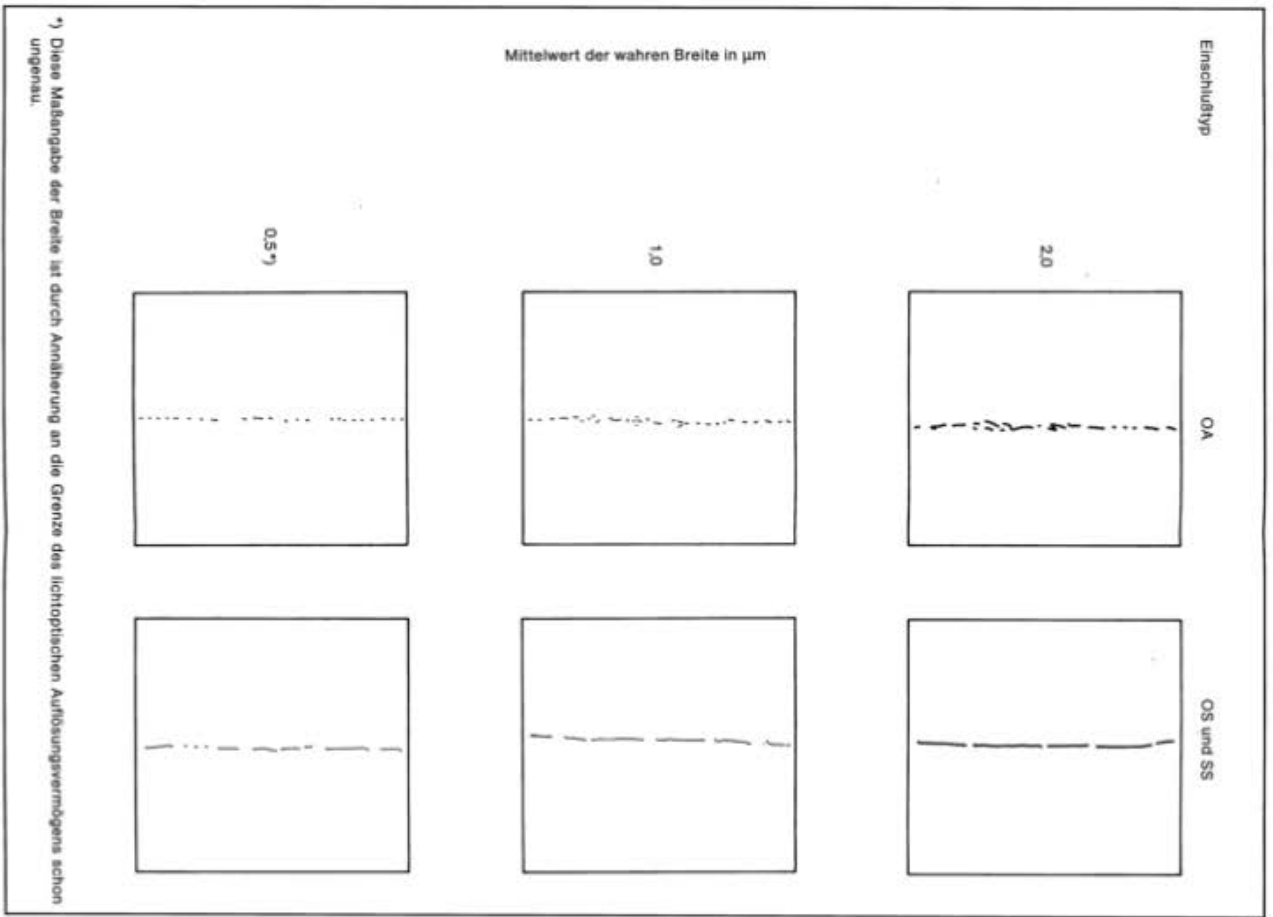
*) S = Sulfide;
O = Oxide

***) Auf eine Schliifffläche von 1000 mm² umgerechnet.

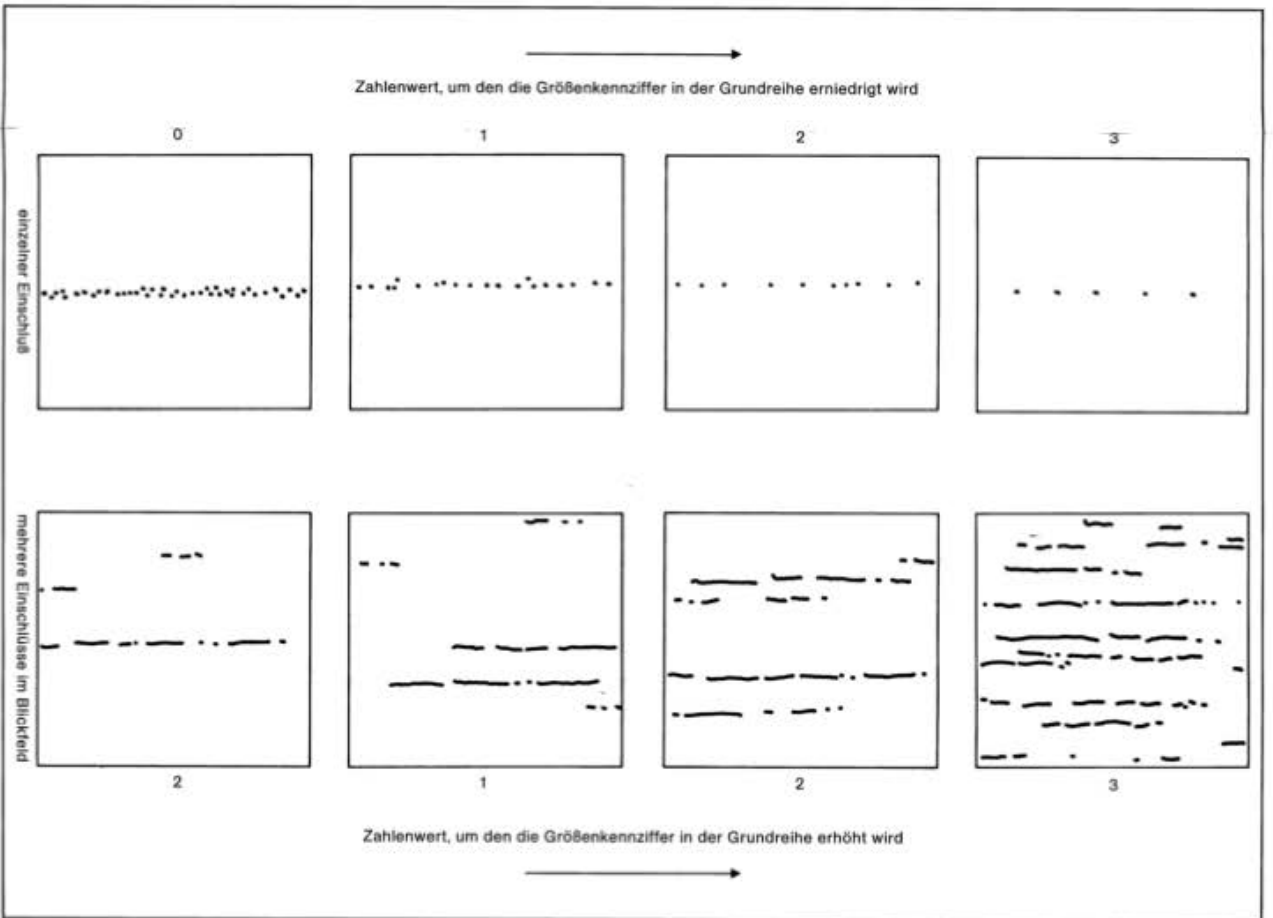
***) Von 1,69 auf 1,7 gerundet.



Bildreihentafel 1. Bildreihen zur Prüfung von Edestählen auf nichtmetallische Einschlüsse nach DIN 50602, Vergrößerung = 30 : 1
 Zur Auswertung ist die Originaltafel in der Vergrößerung 100 : 1 zu benutzen. Sie ist zu beziehen beim Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 4-10, 1000 Berlin 30.



Bildreihenfolge 2. Bildreihe für die Zuordnung von Einschlüssen nach ihrer Breite, Vergrößerung 200:1



Bildreihenfolge 3. Bildreihen für die Zuordnung von lockeren Einschußzellen des OA-Typs (linke Reihe) und von mehreren in einem Beobachtungsfeld vorkommenden Einschlüssen der Typen SS, OS und OA zu einer Größenkennziffer, Vergrößerung 200:1