

Verteiler

 1 - 8 Donnersberger Brücke

DBS 918 127

Ewald Widling
Tel.: 089 1308-5686
Mobil: 160 97441817
ewald.widling@deutschebahn.com
Zeichen: I.NAI 416 Wi - DBS 918 127

07.12.2020

**Inkraftsetzung IK 2/2020
DB Standard
Neuausgabe DBS 918 127**

Sehr geehrte Damen und Herren,

mit Wirkung vom 01.01.2021 wird der DBS 918 127

„Technische Lieferbedingungen; Spannklemmen, Spann Nägel und Spannbügel“
in Kraft gesetzt.

Dieser DBS ersetzt die Ausgabe Juni 2010.

Die Neuausgabe beinhaltet redaktionelle und strukturelle Änderungen.

Darüber hinaus wurden

- die Erweiterung der Prüfanweisung für Spannelemente mit Korrosionsschutz
- der Entfall der KTL-Beschichtung
- die Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit und
- die Auslagerung des vertikalen Schwingwegs, Mindestspannkraft und des Abstands Mittelschlaufe zum Schienenfuß der Produkte in die Regelzeichnungen der DB

aufgenommen.

Hinweis:

Mit der Neuausgabe des DBS 918 127 zum 01.01.2021 ist eine Herstellung von Oberbauteilen mit KTL-Beschichtung nicht mehr zulässig.

Restbestände dürfen jedoch aufgebraucht werden.

...

Für beschichtete Spannelemente sind die Korrosionsschutzprüfungen nach DBS 918 127:2021 Abschnitt 3.9 einmalig durchzuführen, ohne dass hierbei zusätzliche Qualifikationskriterien zu erfüllen sind.

Sind die Versuche innerhalb der letzten fünf Jahre absolviert worden, kann darauf verzichtet werden.

Bei bedeutenden Änderungen des Herstellverfahrens sind die Versuche zusätzlich durchzuführen.

Die Prüfberichte sind als PDF innerhalb der ersten sechs Monate nach Inkraftsetzung des DBS 918 127:2021 an die Qualitätssicherung der Deutschen Bahn AG sowie an die Bauartverantwortlichen der DB Netz AG, I.NAI 412 zu senden, welche ein separates Freigabeschreiben für die jeweiligen Beschichtungen erstellen, sofern die Prüfungen für die Beschichtungen nach dem neuen DBS 918 127:2021 bestanden wurden.

Die Verteilung des DBS über

DB Kommunikationstechnik GmbH; Kundenservice; Kriegsstraße 136; 76133 Karlsruhe erfolgt in Kürze (dzd-bestellservice@deutschebahn.com bzw. Telefon 0721 938 5965).

Die Neuausgabe wird über I.NAI 416 in den Geschäftlichen Mitteilungen bekannt gegeben.

Die DV-technische Bereitstellung erfolgt in der Konzernregelwerksdatenbank KRWD www.dbmp.intranet.deutschebahn.com.

Externen Nutzern darf der DBS vom Auftraggeber der DB Netz AG als pdf-Datei zur Verfügung gestellt werden.

Mit freundlichen Grüßen

DB Netz AG

Stephan
i. V. Schulte

Digital unterschrieben
von Stephan Schulte
Datum: 2020.12.09
16:45:54 +01'00'

Stephan Schulte

I.NAI 41

Ewald
i. A. Widling

Digital unterschrieben
von Ewald Widling
Datum: 2020.12.07
15:14:27 +01'00'

Ewald Widling

Referent Regelwerke Fahrbahn



Technische Lieferbedingungen
Spannelemente aus Federstahl
 Spannklemmen, Spannclips, Spannbügel, *

DBS
918 127

Ersatz für Ausgabe Juni 2010

Inhalt

	Seite
VORWORT	2
EINLEITUNG	2
1 ANWENDUNGSBEREICH	2
2 NORMATIVE VERWEISUNGEN	2
3 TECHNISCHE ANFORDERUNGEN	4
3.1 Allgemein	4
3.2 Werkstoff	4
3.3 Oberflächenbeschaffenheit	4
3.4 Randentkohlung	4
3.5 Härte nach Vickers	4
3.6 Form und Abmessungen	5
3.7 Federkennlinie, Spannkraft	5
3.8. Dauerfestigkeit	5
3.9. Korrosionsschutz	5
4 QUALIFIKATION UND QUALITÄTSSICHERUNG	7
4.1 Qualifikation des Herstellers	7
4.2 Qualifikation des Produktes	7
4.2.1.1 Qualifikationsprüfungen	7
4.2.1.2 Qualifikationsprüfungen im Rahmen der HPQ-Verlängerung	8
4.2.2 Betriebserprobung	8
4.3 Qualitätssicherung beim Hersteller	8
5 PRÜFVERFAHREN	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Ermittlung der Federkennlinie, theoretische Spannkraft	9
5.2.1 Ermittlung der Federkennlinie	9
5.2.2 Ermittlung der theoretischen Spannkraft	9
5.3 Vertikale Dauerfestigkeit	10
5.4 Horizontale Dauerfestigkeit quer zur Schienenlängsrichtung	11
5.5 Horizontale Dauerfestigkeit in Schienenlängsrichtung	11

* Blattfedern, Drahtformfedern

Fortsetzung Seiten 2 bis 9

Vorwort

Dieser DB-Standard wurde von der DB Netz AG, Gleistechnik mit der Qualitätssicherung der DB AG auf Grundlage des DBS 918 127, Ausgabe Juni 2010, erarbeitet und vertritt die Interessen der Deutschen Bahn AG. Folgende Änderungen wurden vorgenommen:

- redaktionelle und strukturelle Überarbeitung
- Erweiterung der Prüfanweisung für Spannelemente mit Korrosionsschutz
- Entfall der KTL - Beschichtung
- Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit
- Auslagerung des vertikalen Schwingwegs, Mindestspannkraft und des Abstands Mittelschlaufe zum Schienenfuß der Produkte in die Regelzeichnungen der DB

Einleitung

Dieser DB-Standard ergänzt die Regelungen der Qualifikation und Qualitätssicherung von Schienenbefestigungssystem der DIN EN 13481 und 13146 bezüglich Spannelemente aus Federstahl.

Dieser DBS ist vom Eisenbahn-Bundesamt als Technische Baubestimmung bauaufsichtlich eingeführt und gilt als anerkannte Regel der Technik im Sinn § 2 Abs. 1 der EBO.

1 Anwendungsbereich

Dieser DB-Standard gilt für die Lieferung von Spannelementen aus Federstahl unter den Einsatzbedingungen der Deutschen Bahn AG. Er ist anzuwenden bei der Qualifizierung neuer Spannelemente aus Federstahl für das Netz der DB AG (Qualifikationsprüfung) und im Rahmen der Qualitätssicherung. Spannelemente aus Federstahl (Spannklemmen, Spannclips, Spannbügel) werden im Folgenden als „Produkte“ bezeichnet. Über diese Norm hinausgehende produktspezifische Anforderungen sind im Bedarfsfall den entsprechenden Regelzeichnungen zu entnehmen.

2 Normative Verweisungen

Der DB-Standard enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN EN 10132-1	Kaltband aus Stahl für eine Wärmebehandlung - Technische Lieferbedingungen - Teil 1: Allgemeines
DIN EN 10132-4	Kaltband aus Stahl für eine Wärmebehandlung - Technische Lieferbedingungen - Teil 4: Federstähle und andere Anwendungen
DIN EN 10089	Warmgewalzte Stähle für vergütbare Federn - Technische Lieferbedingungen

DIN EN 10204	Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen
DIN EN 10221	Oberflächengüteklassen für warmgewalzten Stabstahl und Walzdraht - Technische Lieferbedingungen
DIN EN ISO 9712	Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung
DIN EN ISO 6507-1	Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Vickers - Teil 1: Prüfverfahren
DIN EN ISO 9227	Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären - Salzsprühnebelprüfungen
DIN EN 13481	Bahnanwendungen - Oberbau Leistungsanforderungen für Schienenbefestigungssysteme
DIN EN 13146	Bahnanwendungen - Oberbau Prüfverfahren für Schienenbefestigungssysteme
DIN EN ISO 3887	Bestimmung der Entkohlungstiefe
DIN EN ISO 7500-1	Metallische Werkstoffe - Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen - Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen - Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung
DIN EN ISO 9513	Metallische Werkstoffe - Kalibrierung von Längenänderungs-Messeinrichtungen für die Prüfung mit einachsiger Beanspruchung
DBS 918 235	„Technische Lieferbedingungen - Elastische Zwischenlagen und Zwischenplatten“
DIN EN ISO 12944	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
DIN EN ISO 4628	Beschichtungsstoffe - Beurteilung von Beschichtungsschäden - Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen
DIN EN ISO 4892-2	Kunststoffe - Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten - Teil 2: Xenonbogenlampen
VDA 233-102	Zyklische Korrosionsprüfung von Werkstoffen und Bauteilen im Automobilbau
DIN EN ISO 20567-1	Beschichtungsstoffe - Prüfung der Steinschlagfestigkeit von Beschichtungen - Teil 1: Multischlagprüfung
DIN 50969-1	Vermeidung fertigungsbedingter wasserstoffinduzierter Sprödbrüche bei hochfesten Bauteilen aus Stahl - Teil 1: Vorbeugende Maßnahmen

- DIN 50969-2 Vermeidung fertigungsbedingter wasserstoffinduzierter Sprödbrüche bei hochfesten Bauteilen aus Stahl – Teil 2: Prüfungen
- DIN EN ISO 6270-2 Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit - Teil 2: Kondensation (Beanspruchung in einer Klimakammer mit geheiztem Wasserbehälter)

3 Technische Anforderungen

3.1 Allgemeines

Die Normenreihe DIN EN 13481 regelt die Anforderungen an komplette Schienenbefestigungssysteme. Die Einsatzbereiche der Produkte sind in der Richtlinie 820.2010 „Ausrüstungsstandard Schotteroberbau für Gleise und Weichen“ bzw. in der Ril 820.2020 „Ausrüstungsstandard Feste Fahrbahn“ definiert.

Die im folgenden aufgeführten Punkte 3.3 bis 3.8 gelten nur für unbeschichtete Produkte.

3.2 Werkstoff

Als Werkstoff ist ein Federstahl nach DIN EN 10089 bzw. DIN EN 10132-4 gemäß Regelzeichnung der DB zu verwenden. Die vertragsgemäße Beschaffenheit des verwendeten Werkstoffes ist durch ein Abnahmeprüfzeugnis „3.1.“ gemäß DIN EN 10204 nachzuweisen. Der Reinheitsgrad des Werkstoffes soll mindestens $K3 \leq 30$ gemäß Anlage 2 betragen. Auf die Anwendung der DIN EN 10247 „Metallographische Prüfung des Gehaltes nichtmetallischer Einschlüsse in Stählen mit Bildreihen“ wird verzichtet. Makroskopische Einschlüsse (z.B. exogene Schlacken) sind nicht zulässig. Die Qualität des Werkstoffes ist schmelzenweise nachzuweisen.

3.3 Oberflächenbeschaffenheit

Die maximale Tiefe von vereinzelt auftretenden Oberflächenfehlern (z.B. Riefen, Zundereinwalzungen, Zundernarben, Überwalzungen, Schalen oder Grate) am fertigen Produkt darf **0,2 mm** nicht überschreiten. Biegemarkierungen sind zulässig, soweit sie die Funktion des Produktes nicht beeinträchtigen.

Die Produkte sind durch qualifiziertes bzw. regelmäßig eingewiesenes Personal mit einem geeigneten Verfahren – ausgenommen Sichtprüfung - (siehe DIN EN 10221) auf Risse hin zu prüfen. Risse mit einer Tiefe von $\leq 0,2$ mm sind zulässig. Für das gewählte Rissprüfverfahren muss vom Hersteller eine entsprechende Prüfanweisung durch eine zertifizierte, dem Betrieb zugehörige Person (Qualifikation mindestens Stufe 2 nach DIN EN ISO 9712) erstellt werden.

3.4 Randentkohlung

Die zulässige Randentkohlung am fertigen Produkt beträgt $\leq 0,2$ mm. Der Nachweis erfolgt über eine mikroskopische Ermittlung nach DIN EN ISO 3887.

3.5 Härte nach Vickers

Die Härteprüfung am fertigen Produkt ist nach Vickers entsprechend DIN EN ISO 6507-1 durchzuführen. In strittigen Fällen gilt die Prüfung nach HV 30. Dabei muss die Oberfläche an der Prüffläche um etwa 1 mm abgeschliffen sein. Die für die jeweilige Werkstoffsorte geforderten Werte sind den Regelzeichnungen zu entnehmen.

Alternative Prüfverfahren (z.B. Rockwell, Brinell) bedürfen der Zustimmung der Qualitätssicherung der DB AG.

3.6 Form und Abmessungen

Für die Einbausituation, Form und Abmessungen der Produkte gelten die entsprechenden Regelzeichnungen der DB AG.

3.7 Federkennlinie, Spannkraft

Die Federkennlinie fabrikneuer Produkte sowie deren bleibende Verformung und theoretische Spannkraft ist nach Abschnitt 5.2 zu ermitteln und zu dokumentieren. Für ein Produkt muss die theoretische Mindestspannkraft gemäß Regelzeichnung der DB eingehalten werden.

3.8. Dauerfestigkeit

Die Ermittlung der Dauerfestigkeit dient zur Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit eines Produktes über dessen Lebensdauer. Die Dauerfestigkeit der Produkte ist nach den Abschnitten 5.3, 5.4 und 5.5 zu ermitteln. Der geforderte Schwingweg ist für jedes Produkt der jeweiligen Regelzeichnung der DB zu entnehmen. Die Produkte müssen die geforderte Grenzlastspielzahl ohne Schäden erreichen. Der Unterschied zur theoretischen Spannkraft vor dem Dauerversuch darf maximal 20 % betragen.

3.9. Korrosionsschutz

Wenn nicht anders vereinbart, werden die Produkte nicht mit Korrosionsschutz geliefert. Ein eventuell aufzubringender Korrosionsschutz ist in den Bestellunterlagen anzugeben. Zugelassene Korrosionsschutzbeschichtungen sind den Regelzeichnungen der DB zu entnehmen.

Die Produkte aus Federstahl dürfen nur dann mit einem Korrosionsschutz versehen werden, wenn gewährleistet ist, dass bei der Herstellung der Beschichtung die Anforderungen an die Spannelemente nach DBS 918 127 nicht beeinträchtigt werden und die nachfolgenden Nachweise geführt werden.

Die Grenzwerte für die Schichtdicke der Beschichtung ist vom Hersteller festzulegen. Die Schichtdicke der Proben sind zu dokumentieren.

3.9.1 Prozessbedingte Wasserstoffversprödung

Ein entsprechender Nachweis zur Vermeidung einer prozessbedingten Wasserstoffversprödung ist in Anlehnung an die DIN 50969-1 und -2 zu führen. Alternativ kann der Nachweis auch erbracht werden, indem der Hersteller/Lieferant nachweist, dass durch das gewählte Beschichtungsverfahren bzw. während des gesamten Beschichtungsprozesses (inkl. Reinigung) kein Wasserstoff entstehen kann.

3.9.2 Betriebsbedingte Wasserstoffversprödung

Ein entsprechender Nachweis zur Vermeidung einer betriebsbedingten Wasserstoffversprödung ist nach Anlage 1 zu führen.

3.9.3 UV-Strahlung

Die Korrosionsschutzwirkung darf nicht durch UV-Strahlung beeinträchtigt werden. Der Nachweis zur Beständigkeit muss einmalig durch den Test nach DIN EN ISO 4892-2 Verfahren A, Tabelle 3, Zyklus 1 (Minstdauer 1000 h) und einer anschließenden Salzsprühnebelprüfung nach DIN EN ISO 9227 (NSS) über einen Zeitraum von mindestens 720 h ohne Grundmetallkorrosion nachgewiesen werden. Danach darf keine Korrosion

(Rotrost) am Grundmaterial erkennbar sein (in Anlehnung an DIN EN ISO 4628, Rostgrad Ri 0).

3.9.4 Salzsprühnebelprüfung

Die Wirksamkeit des Korrosionsschutzverfahrens ist einmalig über eine neutrale Salzsprühnebelprüfung (NSS-Prüfung) nach DIN EN ISO 9227 über einen Zeitraum von mindestens 720 h (in Anlehnung an Korrosionsschutzklasse C5 mittel nach DIN EN ISO 12944-6) der DB Netz AG, Technik- und Anlagenmanagement Fahrbahn, gegenüber nachzuweisen. Danach darf keine Korrosion (Rotrost) am Grundmaterial erkennbar sein (in Anlehnung an DIN EN ISO 4628, Rostgrad Ri 0). Um Beschädigungen der Beschichtung zu berücksichtigen (z.B. durch die Einschotterung im Gleis), müssen die beschichteten Produkte vor dem Salzsprühnebeltest mit einem Hartgussgranulat in Anlehnung an DIN EN ISO 20567-1 beschossen werden.

3.9.5 Salzsprühnebelprüfung unter Klima-Wechselbedingungen

Es ist eine Salzsprühnebelprüfung unter Klima-Wechselbedingungen nach VDA 233-102 über mindestens vier Prüfzyklen durchzuführen. Um Beschädigungen der Beschichtung zu berücksichtigen (z.B. durch die Einschotterung im Gleis), müssen die beschichteten Produkte vor dem Salzsprühnebeltest mit einem Hartgussgranulat in Anlehnung an DIN EN ISO 20567-1 beschossen werden.

3.9.6 Spannkraft und Dauerfestigkeit

An mindestens zwei Produkten mit Korrosionsschutz sind die Spannkraft nach Punkt 5.2 und die vertikale Dauerfestigkeit nach Punkt 5.3 nachzuweisen.

Tabelle 1: Umfang der einmaligen Prüfungen zum Nachweis des Korrosionsschutzes

Nr.	Prüfung	Prüfstückzahl
1	Nachweis der Schichtdicke bei beschichteten Produkten	10 Produkte
2	Salzsprühnebelprüfung nach DIN EN ISO 9227 (NSS) über einen Zeitraum von mindestens 720 h an mit einem Hartgussgranulat beschossenen Produkten in Anlehnung an DIN EN ISO 20567-1	10 Produkte
3	Beständigkeit gegen UV-Strahlung nach DIN EN ISO 4892-2 Verfahren A, Tabelle 3, Zyklus 1 (Minstdauer 1000 h) und anschließenden Salzsprühnebelprüfung nach DIN EN ISO 9227 (NSS) über einen Zeitraum von mindestens 720 h	10 Produkte
4	Salzsprühnebelprüfung unter Klima-Wechselbedingungen nach VDA 233-102 an mit einem Hartgussgranulat beschossenen Produkten in Anlehnung an DIN EN ISO 20567-1	10 Produkte
5	Nachweis zur Vermeidung einer prozessbedingten Wasserstoffversprödung in Anlehnung an die DIN 50969-1 und -2	10 Produkte
6	Nachweis zur Vermeidung einer betriebsbedingten Wasserstoffversprödung nach Anlage 1 und anschließender Ermittlung der Spannkraft nach Punkt 5.2	10 Produkte
7	Spannkraft nach Punkt 5.2 und vertikale Dauerfestigkeit nach Punkt 5.3	2 Produkte

3.10 Kennzeichnung

Bei der Herstellung der Produkte ist ein Kennzeichen einzuprägen. Das Kennzeichen setzt sich zusammen aus:

- der Kurzbezeichnung des Produktes (z.B. 12, 14, 21)
- dem Herstellerkennzeichen
- den beiden letzten Ziffern des Herstelljahres
- Chargenkennzeichnung (optional)

Beispiel für die Kennzeichnung:

14 H 18 XY (Skl 14 - Hersteller - Baujahr 2018 - Chargenkennzeichnung)

4 Qualifikation und Qualitätssicherung

4.1 Qualifikation des Herstellers

Vor erstmaliger Lieferung an die DB AG ist für jedes Produkt eine Befähigung des Herstellers zur vertragsgemäßen Fertigung in Form einer „Herstellerbezogenen Produktqualifikation - HPQ“ nachzuweisen. Bestandteil der HPQ ist die Qualifikationsprüfung nach Abschnitt 4.2.1 im Rahmen der erstmaligen Lieferung und bei einer Verlängerung der HPQ die Ergebnisse der fortlaufenden Qualitätssicherung gemäß Tabelle 3. Die HPQ wird durch die Qualitätssicherung der DB AG durchgeführt. Die Kosten der HPQ trägt der Hersteller/Lieferant (vgl. Güteprüfungspflichtige Produkte - Oberbaumaterial).

4.2 Qualifikation des Produktes

4.2.1.1 Qualifikationsprüfungen

Vor erstmaliger Lieferung an die DB AG ist jedes Produkt einer Qualifikationsprüfung zu unterziehen. Die Qualifikationsprüfung darf nur von Prüfstellen, die von der DB AG anerkannt sind, durchgeführt werden. Die Kosten für die Qualifikationsprüfung sind vom Anbieter zu tragen.

Im Rahmen dieser Qualifikationsprüfung sind alle unter Abschnitt 4 aufgeführten Anforderungen nachzuweisen. Die erforderliche Prüfstückzahl ist Tabelle 2 zu entnehmen. Die Prüfergebnisse für jedes einzelne geprüfte Produkt müssen die Anforderungen erfüllen.

Tabelle 2: Umfang der Prüfungen

Nr.	Prüfung	Prüfstückzahl
1	Oberflächenbeschaffenheit (vgl. Abschnitt 3.3)	40 Produkte
2	Form und Abmessungen (vgl. Abschnitt 3.6)	30 Produkte aus den Prüfstücken der Nr. 1
3	Chemische Analyse und Reinheitsgrad des Werkstoffes (vgl. Abschnitt 3.2)	3 Produkte aus den Prüfstücken der Nr. 1
4	Randentkohlung (fertiges Produkt) (vgl. Abschnitt 3.4)	2 Produkte aus den Prüfstücken der Nr. 1
5	Federkennlinie, Spannkraft (Mittelwert) (vgl. Abschnitt 5.2)	10 Produkte aus den Prüfstücken der Nr. 2
6	vertikale Dauerfestigkeit (vgl. Abschnitt 5.3)	10 Produkte aus den Prüfstücken der Nr. 5
7a	horizontale Dauerfestigkeit (quer) (vgl. Abschnitt 5.4)	4 Produkte aus den Prüfstücken der Nr. 2

7b	horizontale Dauerfestigkeit (längs) (vgl. Abschnitt 5.5)	4 Produkte aus den Prüfstücken der Nr. 2
8	Härte nach Vickers (vgl. Abschnitt 3.5)	10 Produkte aus den Prüfstücken der Nr. 1 oder 5

Durch die DB AG können zusätzliche Anforderungen und Prüfungen fixiert werden. Die DB AG behält sich weiter vor, auf Prüfungen zu verzichten, falls z. B. die Eigenschaften von Produkten bestimmte Prüfungen nicht erfordern oder Eigenschaften bereits hinlänglich bekannt sind.

4.2.1.2 Qualifikationsprüfungen im Rahmen der HPQ-Verlängerung

Eine HPQ ist gemäß Ril 120.0381V15 spätestens nach 6 Jahren erneut durchzuführen. Nach 3 Jahren kann eine einmalige Verlängerung erfolgen, wenn auf Basis eines Vertrages Lieferungen erfolgt sind und sich die Voraussetzungen, auf deren Basis die Erteilung der HPQ erfolgt ist, nicht verändert haben. Der Prüfumfang ist aus Tab. 2 zu entnehmen.

Die Qualitätssicherung der DB AG behält sich vor, auf Prüfungen zu verzichten bzw. die Durchführung von Prüfungen mit Herstellern abzustimmen. Die Durchführung von Prüfungen in werkseigenen Laboren bedarf der Zustimmung der Qualitätssicherung der DB AG. Im Bericht zur HPQ ist der gewählte Prüfumfang (begründet) zu dokumentieren.

4.2.2 Betriebserprobung

Vor der erstmaligen Serienlieferung an die DB AG sind für jedes neue Produkt eine Zulassung des Eisenbahnbundesamtes (EBA) vorzulegen und eine Betriebserprobung auf einer von der DB AG vorgegebenen Strecke

- über die Dauer von mindestens einem Jahr und
- einer Gleisbelastung von ≥ 20 Millionen Lasttonnen

erforderlich. Dafür ist eine Zulassung zur Betriebserprobung beim EBA zu beantragen. Bei geringfügigen Produktänderungen (z.B. Beschichtung, Farbüberzug, etc.) ohne negativen Einfluss auf die Alterungsbeständigkeit kann die fachlich zuständige Stelle der DB AG auf die Betriebserprobung in Rücksprache mit dem EBA verzichten.

Der genaue Zeitraum der Betriebserprobung wird von der Oberbautechnik der DB Netz AG und dem EBA festgelegt.

4.3 Qualitätssicherung beim Hersteller

Der Hersteller hat die Qualität der Produkte anhand einer zweckmäßigen statistischen Prozesskontrolle /-regelung sicherzustellen. Die in Tabelle 3 angegebenen Prüfungen und Prüfumfänge gelten als Mindestforderung. Unabhängig davon sind die technischen Anforderungen gemäß Abschnitt 4 von jedem Produkt einzuhalten. Durch die fachlich zuständige Stelle der DB AG können zusätzliche Prüfungen fixiert werden.

Tabelle 3: Mindestforderungen an Prüfungen und Prüfumfänge zur Qualitätssicherung

Prüfung	Mindestprüfumfang
Randentkohlung (vgl. Abschnitt 3.4)	1 Produkt je Charge
Oberflächenbeschaffenheit (vgl. Abschnitt 3.3)	1 Produkt je 1.500 Stück

Form und Abmessungen (Funktionsmaße) (vgl. Abschnitt 3.6)	1 Produkt je 1.500 Stück
Härte nach Vickers (vgl. Abschnitt 3.5)	1 Produkt je 1.500 Stück
theoretische Spannkraft (vgl. Abschnitt 5.2.2)	1 Produkt je 1.500 Stück
vertikale Dauerfestigkeit (vgl. Abschnitt 5.3).	2 Produkte je Charge
Schichtdicke bei beschichteten Produkten	6 Produkte je 5.000 Stück

Die Mindestforderungen an Prüfungen und Prüfumfänge können in Abstimmung mit der Qualitätssicherung der DB AG geändert werden. Die Einhaltung der in diesem DB-Standard gestellten Anforderungen ist anhand von Prüfablauf- und Prüfplänen abzusichern und der DB AG auf Verlangen darzulegen.

5 Prüfverfahren

5.1 Allgemeines

Für die nachfolgend aufgeführten Prüfungen muss die Messgenauigkeit der Wegaufnehmer mindestens der Klasse 1,0 nach dem Kalibrierverfahren gemäß DIN EN ISO 9513 und die Messgenauigkeit der Kraftmesseinrichtung mindestens der Klasse 1,0 nach dem Kalibrierverfahren gemäß DIN EN ISO 7500-1 entsprechen.

5.2 Ermittlung der Federkennlinie, theoretische Spannkraft

5.2.1 Ermittlung der Federkennlinie

Für jedes einzelne Produkt sind 10 Lastzyklen, bestehend aus einer Belastung von der Lastspiel-Unterlast $F_u = 0,5$ kN (Vorlast) bis zur Lastspiel-Oberlast $F_o = 25$ kN und anschließender Entlastung, durchzuführen. Dabei muss die Prüfvorrichtung so konstruiert und eingerichtet sein, dass die Beanspruchungen in der Einbausituation wiedergeben werden.

In begründeten Ausnahmefällen kann die Federkennlinie in Abstimmung mit der DB AG mit einer Lastspiel-Unterlast $F_u = 0,5$ kN (Vorlast) bis zu einer für jedes Produkt individuell festgelegten Lastspiel-Oberlast in Abhängigkeit von der jeweiligen Konstruktion ermittelt werden.

Im Rahmen der Qualifikationsprüfung sind der 1. und der 10. Belastungszyklus, sowie der Belastungszyklus nach der Ermittlung der vertikalen Dauerfestigkeit nach 5.3, zu dokumentieren.

In Abstimmung mit der Qualitätssicherung der DB AG kann im Rahmen der Qualitätssicherung des Herstellers die Anzahl der Lastzyklen (z.B. von 10 auf 5) verringert werden.

5.2.2 Ermittlung der theoretischen Spannkraft

Die Ermittlung der theoretischen Spannkraft erfolgt mit Hilfe des unter 5.2.1 beim letzten Belastungszyklus aufgezeichneten Kraft/Weg-Diagramms (Beispiel siehe Abb.1) und erfolgt

aus der Standard-Einbausituation heraus (z.B. konstruktiver Abstand Kippschutz - Schienenfuß). Dabei sind die Nennmaße der Schienenbefestigungskomponenten in der gängigen Einbausituation zu Grunde zu legen. Bei der Festlegung des Abstands der Mittelschleife des Produktes zum Schienenfuß nach Regelzeichnung der DB ist die Verformung von eventuell vorhandenen elastischen Komponenten der Schienenbefestigung mitberücksichtigt.

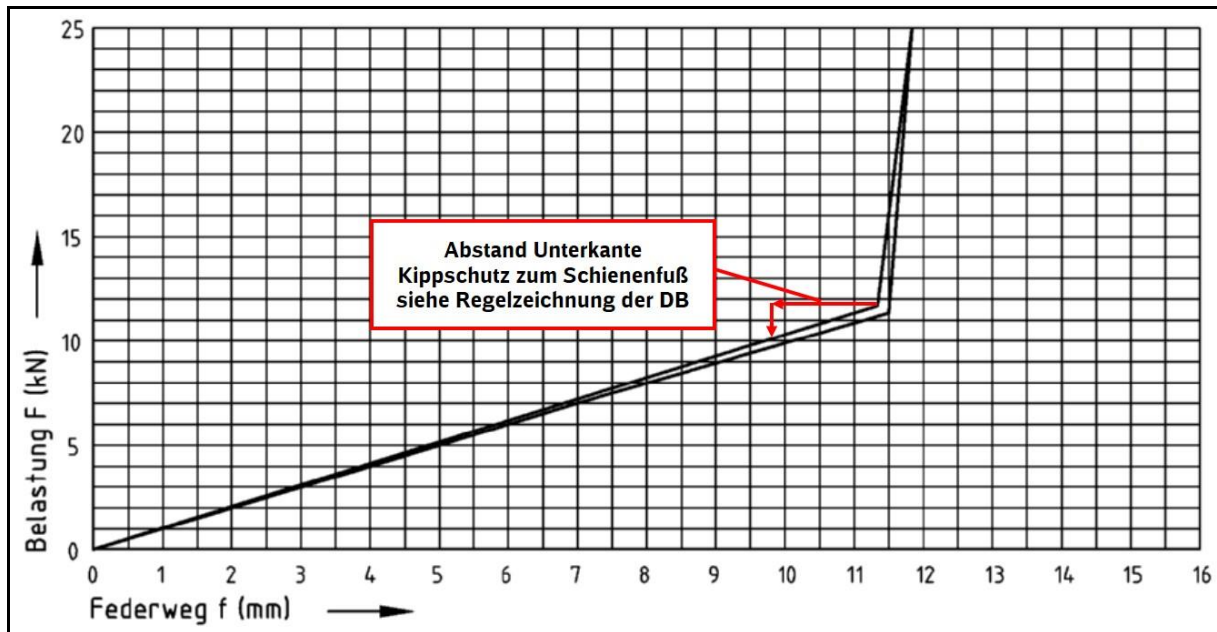


Abb.1: Beispiel für die Ermittlung der theoretischen Spannkraft aus der Federkennlinie

Während der Produktion ist zur Qualitätssicherung nach Tabelle 2 die theoretische Spannkraft an einzelnen gefertigten Produkten zu ermitteln und zu dokumentieren.

5.3 Vertikale Dauerfestigkeit

Zur Ermittlung der vertikalen Dauerfestigkeit sind Prüfstücke zu verwenden, die nach 5.2.2 geprüft sind. Diese sind nach der Einbausituation gemäß den jeweiligen Regelzeichnungen einzuspannen. Die auf dem Schienenfuß aufliegenden Spannelementbereiche sind um das für das jeweilige Schienenbefestigungssystem konstruktionsspezifische Nennmaß anzuheben.

Der geforderte Schwingweg ist für jedes Produkt der jeweiligen Regelzeichnung der DB zu entnehmen und richtet sich nach der Steifigkeitsklasse nach DBS 918 235, die direkt auf das Spannelement wirkt.

Orientierungswerte für den vertikalen Schwingweg:

f = 1,4 mm	für Steifigkeitsklasse > 200 kN/mm
f = 1,7 mm	für Steifigkeitsklasse ≤ 200 und > 60 kN/mm
f = 2,0 mm	für Steifigkeitsklasse ≤ 60 und > 40 kN/mm
f = 2,5 mm	für Steifigkeitsklasse ≤ 40 und > 22,5 kN/mm
f = 3,0 mm	für Steifigkeitsklasse ≤ 22,5 kN/mm

Von der jeweiligen Einbausituation ausgehend sind 10 % des geforderten Schwingweges als Spannelementbelastung (Berücksichtigung abhebender Kräfte im Gleis) und 90 % des geforderten Schwingweges als Spannelemententlastung aufzubringen.

Bei der Prüfung von Spannbügeln ergibt sich der geforderte Schwingweg aus einer Spannelemententlastung von 1,0 mm und einer Spannelementbelastung bis zu einem konstruktiv gegebenen Anschlag (z.B. mechanische Begrenzung durch einen Überlastungsschutz).

Die geforderte Grenzlastspielzahl beträgt:

$n = 5 \cdot 10^6$ für die Qualifikationsprüfung (Frequenz: max. 18 Hz)

$n = 3 \cdot 10^6$ für die Qualitätssicherung

Im Anschluss an den Dauerfestigkeitsversuch ist die theoretische Spannkraft des geprüften Produktes erneut nach 5.2.2 zu ermitteln. Die Ermittlung der Spannkraft erfolgt dann nach dem 1. Belastungszyklus nach dem Dauerschwingversuch, bei dem das Kraft/Weg-Diagramm aufzuzeichnen ist.

5.4 Horizontale Dauerfestigkeit quer zur Schienenlängsrichtung

Die Ermittlung der horizontalen Dauerfestigkeit ist an unbelasteten Produkten in der Bewegungsrichtung quer zur Schiene durchzuführen. Die Produkte sind der Einbausituation nach Regelzeichnung der DB entsprechend einzuspannen.

Der geforderte Schwingweg am Produkt beträgt $f = \pm 0,4$ mm und ist über den Schienenfuß mit üblicher Rauigkeit einzuleiten.

Die Prüfung ist bei einer Frequenz von 7 - 9 Hz durchzuführen. Die geforderte Grenzlastspielzahl beträgt $n = 3 \cdot 10^6$.

Bei Produkten, die den geforderten Schwingweg konstruktionsbedingt nicht aufnehmen können (z.B. Spannbügel), wird der Schwingweg an der Schiene eingestellt. Nach Ende des Versuches ist der Verschleiß am Produkt zu dokumentieren.

5.5 Horizontale Dauerfestigkeit in Schienenlängsrichtung

Die Ermittlung der longitudinalen Dauerfestigkeit ist an unbelasteten Produkten in der Bewegungsrichtung in Schienenlängsrichtung durchzuführen. Die Produkte sind der Einbausituation nach Regelzeichnung der DB entsprechend einzuspannen.

Der geforderte Schwingweg am Produkt beträgt $f = \pm 0,4$ mm und ist über den Schienenfuß mit üblicher Rauigkeit einzuleiten.

Bei Produkten, die den geforderten Schwingweg konstruktionsbedingt nicht aufnehmen können (z.B. Spannbügel), wird der Schwingweg an der Schiene eingestellt. Nach Ende des Versuches ist der Verschleiß am Produkt zu dokumentieren.

Die Prüfung ist bei einer Frequenz von 7 - 9 Hz durchzuführen. Die geforderte Grenzlastspielzahl beträgt $3 \cdot 10^5$.

Anlage 1:

Nachweis zur Vermeidung einer betriebsbedingten Wasserstoffversprödung

1. Versuchsvorbereitung

Die Produkte müssen im verspannten Zustand in den Korrosionstest eingebracht werden. Hierzu werden die Produkte mittels einer geeigneten Verspanneinrichtung, die die Belastung beim Einsatz simuliert, verspannt. Die Verspanneinrichtung (inklusive Schraube und Scheibe) selbst muss aus einem Werkstoff gefertigt sein, welcher nicht an der Korrosionsreaktion teilnimmt. Empfohlen wird beschichteter Stahl. Die Beschichtung sollte aus einer galvanischen Zink-Nickel Schicht, transparent passiviert (mit ausreichender schichtdicke $>6\mu\text{m}$ auf den wesentlichen Flächen) eingesetzt werden oder einem kathodischen Korrosionsschutz bestehen. Wird ein Teilstück einer Schiene für den Test verwendet, so ist dieses Teilstück ohne Beschichtung für den Test zu verwenden. Es wird empfohlen die Verspanneinrichtung in Form der in Abb. 2 beschriebenen Ausführung auszuführen. Abweichungen von der in Abb. 2 vorgeschlagenen Verspanneinrichtung sind mit dem Endkunden abzusprechen und ggf. anzupassen. Nach Aufbringung der Vorspannkraft wird die Verspanneinrichtung entsprechend der Lage im Einbaufall (Lage im Gleis) in die Korrosionskammer eingebracht.

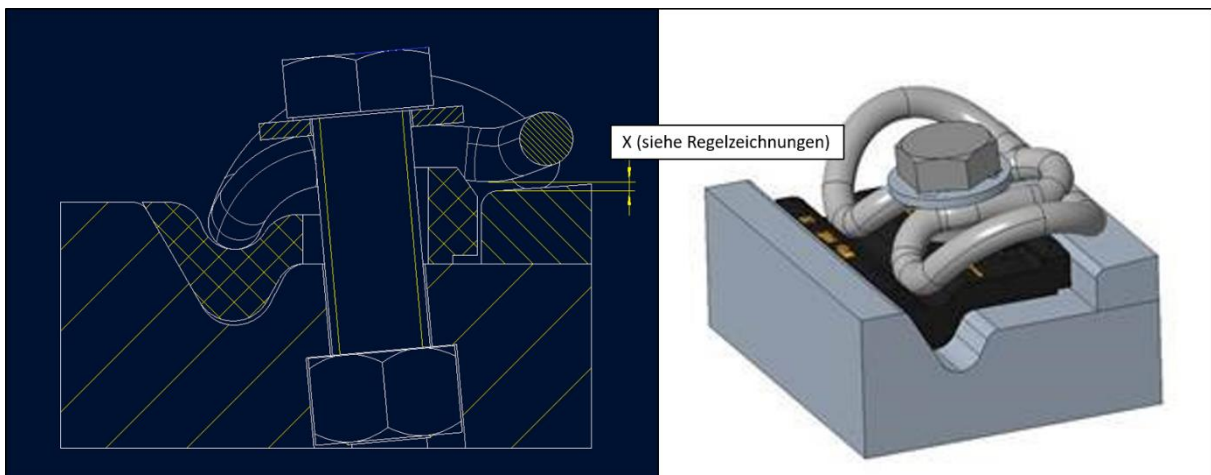


Abb. 2: Beispiel für eine Verspanneinrichtung

2. Versuchsdurchführung

Der Korrosionstest wird in Form eines Wechseltests mit nachfolgenden Wechseln vorgenommen:

- 4 h Salzsprühnebelprüfung, Prüfverfahren NSS in Anlehnung an DIN EN ISO 9227
- 4 h Abkühlphase bei Raumtemperatur 18 - 28°C und 30 - 80% relativer Luftfeuchtigkeit
- 16 h Feucht-Wärme Lagerung, Prüfklima CH nach DIN EN ISO 6270-2

Die Prüfdauer beträgt 25 Zyklen.

Der Prüfzyklus der Salzsprühnebelprüfung wird in Anlehnung an die DIN EN ISO 9227, jedoch abweichend zur normativen Vorgabe bei der zu verwendenden Prüflösung angewandt.

Die einzusetzende Prüflösung besteht aus einem Solegemisch. Hierbei wird aus Natriumchlorid (Reinheitsgrad nach DAB 7) und Calciumchlorid (wasserfrei, mittelfeine Körnung, rein) und entionisiertem, oder destilliertem Wasser (Leitfähigkeit < 2mS/m) eine Lösung hergestellt. Die Konzentration der Lösung ist mit 40 ± 2 g/l NaCl und 10 ± 1 g/l CaCl₂ festgelegt.

Der pH-Wert der Lösung wird mittels Salzsäure auf $3,5 \pm 0,2$ eingestellt. Die Messung ist mittels elektrometrischem Verfahren durchzuführen.

Zur Erzielung der maximalen Korrosionswirkung ist es wichtig, dass während der 4 h Abkühlphase trockene, wasserfrei Luft in die Kammer eingeleitet wird. Es muss sichergestellt sein, dass die verwendete Druckluft frei von Öl und Wasser ist. Es wird empfohlen die Druckluft über ölfreie Kompressoren zu erzeugen (z.B. Dentalkompressoren).

Die Mindestanforderung der Dokumentation ist die Aufzeichnung der Zeit und Temperatur der Prüfkammer, sowie die bildliche Dokumentation der Veränderung der Produkte. Hierzu werden Fotos vor Prüfbeginn und nach Prüfende angefertigt.

Nach Ende der Zyklen und nach erfolgter Ermittlung der Spannkraft nach Punkt 5.2. erfolgt die Auswertung der Proben durch visuelle Kontrolle (unbewaffnetes Auge) auf Korrosion, Anrisse bzw. Bruch der Produkte. Anrisse, sowie Brüche der Produkte sind nicht zulässig. Zur verbesserten Sichtbarkeit von Anrissen soll das Produkt vor der Auswertung mit Wasser und einer weichen Bürste gereinigt werden.

Anlage 2¹:

Mikroskopische Prüfung von Edeltählen auf nichtmetallische Einschlüsse mit Bildreihen

1 Anwendungsbereich und Zweck

1.1 In dem vorliegenden Anhang wird die Prüfung von Federstählen 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. In diesem Anhang wird ein Verfahren zur mikroskopischen Prüfung am Metallmikroskop festgelegt, dass eine Bildreihentafel von systematischem Aufbau benutzt und eine Beschreibung nach Einschlusstyp, Einschlussgröße in (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 Der Anhang 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 sind Besonderheiten zu beachten und Vereinbarungen für die Probenahme und Auswertung zu treffen.

1.3 Für sulfidform beeinflusste Stähle ist das Stahl-Eisen Prüfblatt 1575* in Vorbereitung, dass das Verhältnis von Länge: Breite der Sulfide berücksichtigt.

** zu beziehen beim Verlag Stahleisen mbH, Postfach 8229, 4000 Düsseldorf*

2 Begriffe

2.1 Reinheitsgrad

Der Reinheitsgrad (Kennwert K3) ist eine Angabe über den Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen in Form von Sulfiden und Oxiden in einem Erzeugnis. Der Kennwert K3 ist ein Wert, der den Gehalt solcher Sulfide und Oxide wiedergibt, indem der prozentuale Flächenanteil der nichtmetallischen Einschlüsse im Gefüge als Summenwert der flächenproportionalen Auszählung ab einer festgelegten Einschlussgröße, bezogen auf eine Fläche von 1000 mm², ermittelt wird.

2.2 Bildreihentafel

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

¹ DIN 50602:1985 (zurückgezogen), Mikroskopische Prüfung von Edeltählen auf nichtmetallische Einschlüsse mit Bildreihen

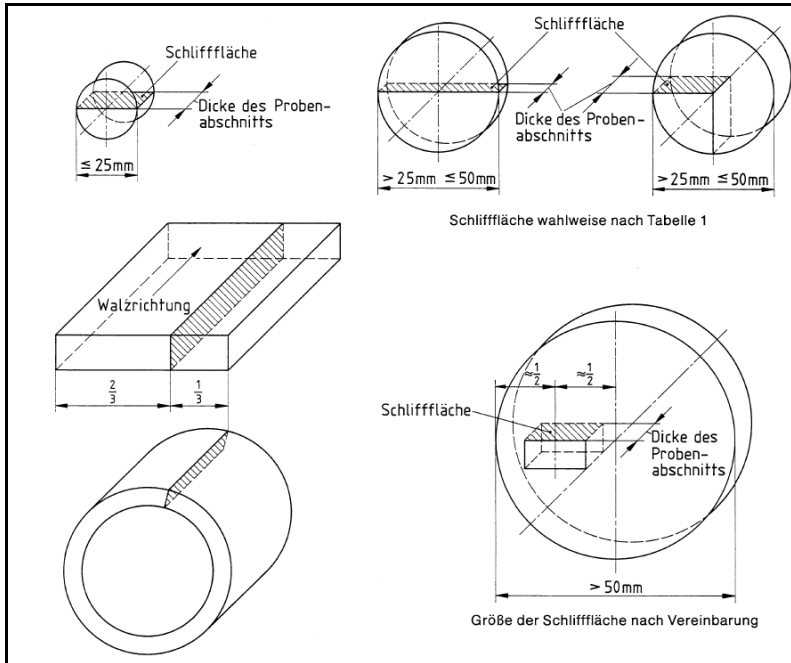


Bild 1: Probenahme aus Erzeugnissen unterschiedlicher Abmessung

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.

Tabelle 1: Lage der Schlieffläche bei verschiedenen Abmessungen

3 Prüfungsumfang

3.1 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.

3.2 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 Prüfungsumfang kann in Liefervorschriften vereinbart werden.

3.3 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 3.2) zu berücksichtigen.

4 Probennahme und Probenvorbereitung

4.1 Die Proben sind so zu entnehmen, dass die auszuwertende der Schlißfläche 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.

4.2 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.

4.3 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 Schlißfläche eingedrückt werden. Erforderlichenfalls ist der Schliß zu härten. Die Proben sind deshalb sorgfältig zu schleifen und möglichst kurzweilig zu polieren.

5 Aufbau und Anwendung der Bildreihentafel

5.1 Bildreihentafel 1

5.1.1 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 (Aluminiumoxide);

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 5.1.2 und 5.1.3 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 Einschlusses vergrößert sich von Bild zu Bild um das 1,5 fache 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.

5.1.2 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 auf für dickere Einschlüsse mit doppelt so großem Flächeninhalt. Dann ist die Größenkennziffer um 1 erhöht.

5.1.3 Sind im Blickfeld weitere bis um 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 zugrunde gelegt und wird die Größenkennziffer um 1 vermindert.

5.2 Bildreihentafeln 2 und 3

5.2.1 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. In Bild 2 sind diese zahlenmäßigen Zusammenhänge grafisch dargestellt. Es kann besonders für die einfache Ablesung 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 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 in (100:1) zu beachten.

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 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													
	Bereich der mittleren wahren Länge (l) in mm													
	0,5 ¹⁾		1		2		3		5		7		10	
	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.

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

5.2.2 Die Bildreihentafel 2 enthält mit den beiden Reihen (OA sowie OS und SS) eine visuelle Hilfe für die Ermittlung der Breite solcher Einschlüsse. 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.

5.2.3 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 Abschnitte 6.2.3 und beachte Abschnitt 6.2.4). Die Zeilenbreite ist nach Bildreihentafel 2 zu beurteilen.

Die rechte Reihe der Bildreihentafel 3 dient zur Einordnung gehäuft auftretende Einschlüsse, bei denen für eine Zuordnung im Vergleich zu einem einzelnen Einschluss der Grundreihe

nicht nur die Menge und der gegenseitige Abstand, sondern die Fläche aller nichtmetallischer 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.

5.2.4 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 einschließende, ebenfalls das Prinzip der Zuordnung nach der Gesamtfläche der Einschlüsse zugrunde gelegt.

5.3

Zur besseren Übersichtlichkeit und Arbeitersparnis ist es bei hinreichender Einübung möglich, von der Bildreihentafel 1 nur die Grundreihen 1, 3, 6 und 8 mit dem 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.

6 Durchführung der Prüfung

6.1 Die schliffproben werden mit dem Mikroskop bei der Vergrößerung 100: 1 betrachtet. Diese Vergrößerung ist gleich dem Abbildungsmaßstab der Bildreihentafel 1.

ANMKERUNG Die diesem Anhang beigeheftete Bildreihentafel 1 enthält die Bildreihen im verkleinerten Maßstab von rund 1:3 gegenüber der Originaltafel. Sie kann daher nur einen Überblick über den Aufbau wiedergeben.

Für die eigentliche Auswertung sollte die Bildreihentafel im Maßstab 1:1 verwendet werden, die vom Beuth Verlag GmbH, D-10772 Berlin bezogen werden kann.

Die Beobachtung kann entweder am Okular oder an dem auf eine Mattscheibe projizierten Schliffbild erfolgen. Das Beobachtungsfeld muss die gleiche Größe wie die Vergleichsbilder der Bildreihentafel 1 haben (möglichst 80mm Durchmesser; Felder mit einem Durchmesser zwischen 75 und 80 mm sind jedoch zulässig). Zweckmäßig ist eine Begrenzung des Beobachtungsfeld es 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.

6.2 Bei der Zuordnung der nichtmetallischen Einschlüsse in einem Beobachtungsfeld ermittelt man dasjenige Bild der Bildreihentafel 1, eventuell ergänzt durch das zutreffende Bild nach dem Bild rein Tafeln zwei und drei, das dem beobachteten entspricht. Hierbei geht man zweckmäßigerweise von der Längenmessung oder -abschätzung des maßgeblichen Einflusses aus.

6.2.1 Bei der Auswertung ist besonders zu beachten, dass die Bildreihentafel 1 bei den Größenkennzahlen 6, 7 und 8 der Bildreihen 0 bis sechs 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 nichtmetallische 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.

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

6.2.3 Auf einer Linie hintereinander liegende Einschlüsse in Zeilen Form der Einschluss Typen SS, OS und, bei geringem Auflösungsgrad, auch OA sind dann als zusammenhängend anzusehen, wenn der Abstand zwischen zwei Einschlüssen kleiner ist als die Länge des kleineren der beiden einen Schlüssel. Die Abstände werden mit gemessen. Punktförmige Einschlüsse werden für die Bildung einer solchen Gesamtlänge nicht berücksichtigt.

6.2.4 Für Einschlusstyp OA gilt die Bildreihentafel 3 (linke Reihe) Regeln zur Bewertung des Grades der Auflösung für die Bildung der Flächen gerechten Größen Kennziffer. Wird der mittlere Abstand der Teilchen einer solchen Anschlusssteile größer als der Abstand der im linken oberen Bild der Bildreihentafel 1 dargestellten punktförmigen Einschlüsse, so wird nach Anschlussstyp OG ausgewertet. Die Darstellung soll im Prinzip zeigen, das lockere zahlen, den 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.

6.3 An den Proben wird im Allgemeinen die gesamte auszuwerten der Schlieffläche untersucht. Ausnahmen hiervon die nur bei dem Verfahren K in Betracht kommen, müssen gegebenenfalls besonders vereinbart und in der betreffenden Lieferbedingung festgelegt werden.

7 Auswertung

7.1 Grundsätzliche Hinweise

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

Eine Angabe gebrochene Zahlen für die Kennzeichnung der Größenordnung (z.B. 2,5; 4 ½) ist nicht zulässig.

7.1.2 Zum Eintragen der Prüfergebnisse und deren Auswertung werden zweckmäßigerweise Vordrucke verwendet.

7.2 Verfahren K

7.2.1 In bestimmten Fällen kann es zweckmäßig sein, alle nichtmetallischen Einschlüsse ab einer festgelegten Anschlussgröße zu erfassen und den Reinheitsgrad einer Schmelze oder eines Loses durch einen zusammenfassenden den Flächeninhalt der Einschlüsse kennzeichnenden Kennwert K anzugeben. Bei einer solchen Auswertung beträgt die Größe der auszuwertenden Schliefflächen der Proben jeweils mindestens 100mm^2 . Für die Entnahmestellen der Proben und die Größe der schlieffläche gelten die Hinweise in den Abschnitten 4.2

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).			

Tabelle 4: Richtlinien für die Auswertung beim Verfahren K

7.2.2 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 zugrunde gelegt werden sollen.

7.2.3 Sofern nicht anders vereinbart wurde, wird jeweils die gesamte auszuwertender Schlißfläche untersucht. Die sulfidischen und die oxidischen Einschlüsse werden getrennt gezählt und entsprechend den Beispielen in den Tabellen 6 und 7 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 statischen Prüfung entsprechen.

7.2.4 Rechenschema zur Auswertung beim Verfahren K

Die Voraussetzungen und Überlegungen für das in diesem Anhang angegebene Rechenschema zur Ableitung von Summenkennwerten gehen davon aus, dass du zur einfachen Berechnung die am häufigsten gezeltete 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 5 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 6 und 7): die Anzahl der je Anschlusstyp (SS, OA, OS, OG) und je Größenkennziffer beobachteten nichtmetallischen Einschlüsse wird mit dem jeweiligen Faktor (f_g , siehe Tabelle 5) 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 prüf Einheit addiert, sodass man eine „zweite Zwischensumme“ (in mm²) für alle Proben erhält. Dieses Ergebnis wird auf eine Schlißfläche von 1000 mm² umgerechnet, entsprechend der folgenden Gleichung:

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

Der in dieser Weise für 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 soll 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 Anschlussstypen gekennzeichnet, damit Verwechslungen und der Vergleich von Ergebnissen unterschiedlichen Inhalts vermieden werden.

Die Schreibweise ist (nach Tabelle 6):
K 4 = 66 (S:26, O:40)

In den Tabellen 6 und 7 ist jeweils ein Auswertungsbeispiel einschließlich vollständiger Angaben der Auswertungsbedingungen dargestellt.

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 6.2.1										

Tabelle 5: Faktoren f_g zur Auswertung beim Verfahren K

8 Prüfbericht

Im Prüfbericht sind unter Hinweis auf diesen Anhang 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 K

die Angabe der kleinsten berücksichtigten Größenkennziffer, entweder einschließlich der Zwischenergebnisse oder bevorzugt nur die Endergebnisse (Summenkennwerte für S und O oder Gesamt-Summenkennwert) in der Schreibweise nach Abschnitt 7.2.4

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					3	1	1	-	-		10	10	
							5	1	-	-	-				
							2	-	-	-	-				
							1	-	-	-	-				
2	400	SS OA OS OG					4	2	-	-	-		8	21	
							3	1	1	-	-				
							2	1	-	-	-				
							2	-	1	-	-				
3	350	SS OA OS OG					2	1	-	1	-		14	12	
							4	2	-	-	-				
							1	1	-	-	-				
							1	-	-	-	-				
4	600	SS OA OS OG					5	-	-	-	-		5	15	
							8	1	-	-	-				
							1	1	-	-	-				
							-	1	-	-	-				
5	250	SS OA OS OG					1	1	1	-	-		8	14	
							3	1	-	-	-				
							1	-	1	-	-				
							1	1	-	-	-				
6	300	SS OA OS OG					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

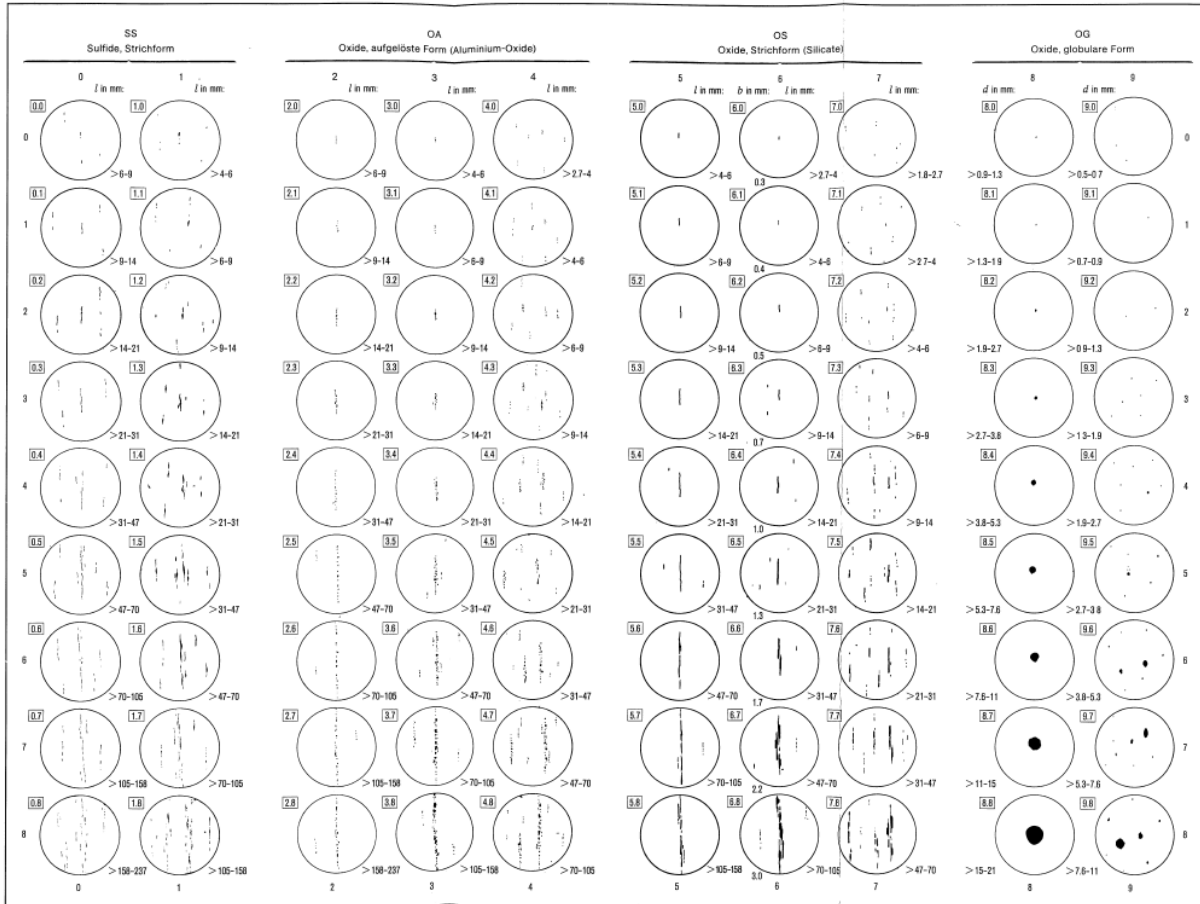
**) Auf eine Schlieffläche von 1000 mm² umgerechnet und auf ganze Zahlen gerundet.

Tabelle 6: Beispiel einer Auswertung zu Verfahren K 4 nach Abschnitt 7.2 (siehe Tabelle 4)
(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	560	SS OA OS OG		6	1	-	-	-	-	-	-	-	0,8	0,1		
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
				1	-	-	-	-	-	-	-	-				
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
2	530	SS OA OS OG		5	2	-	-	-	-	-	-	-	0,9	0		
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
3	570	SS OA OS OG		7	1	-	-	-	-	-	-	-	0,9	0,2		
				2	-	-	-	-	-	-	-	-				
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
4	600	SS OA OS OG		6	3	-	-	-	-	-	-	-	1,2	0		
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
5	520	SS OA OS OG		4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0		
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
6	540	SS OA OS OG		7	1	-	-	-	-	-	-	-	0,9	0,2		
				-	1	-	-	-	-	-	-	-				
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
				-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Summe	3320												2. Zwischensumme		S : 5,1	O : 0,5
												Summenkennwert K1**)		S : 1,54	O : 0,15	
												Gesamt-Summenkennwert K1***)		1,7		

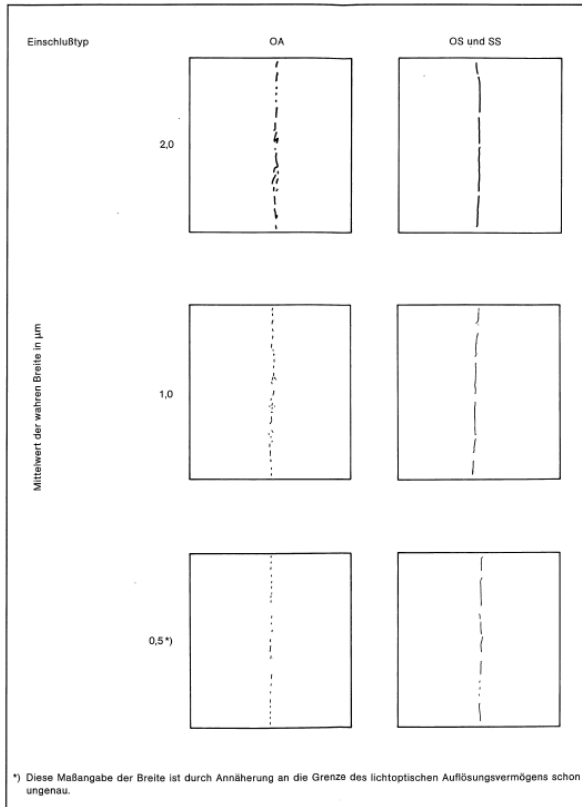
*) S = Sulfide, O=Oxide
 **) Auf eine Schnittfläche von 1000mm² umgerechnet
 ***) von 1,69 auf 1,7 gerundet

Tabelle 7: Beispiel einer Auswertung zu Verfahren K 1 nach Abschnitt 7.2

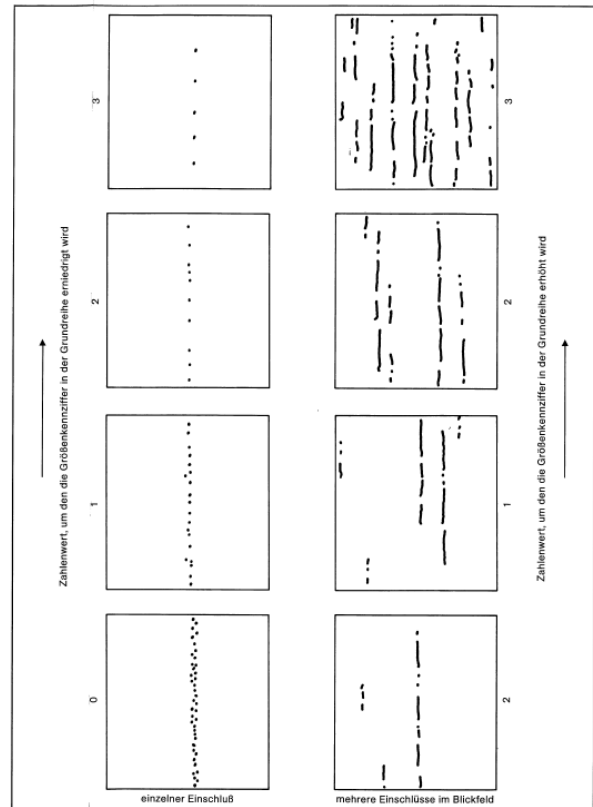


Bildreihentafel 1: Diagramme zur Untersuchung nichtmetallischer Einschlüsse von Federstählen

ANMERKUNG Bildreihentafel 1 zeigt Diagramme in einer etwa dreifachen Verkleinerung im Vergleich zur Originalgröße. Es kann somit nur einen Hinweis auf die Originalgröße der Bildreihentafel geben.



Bildreihentafel 2: Zuordnung von Einschlüssen nach ihrer Breite
 Vergrößerung 200:1



Bildreihentafel 3: Zuordnung von lockeren Einschlusszeilen 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