

DIN EN 16729-5

ICS 25.160.40; 93.100

Einsprüche bis 2021-10-27

Entwurf**Bahnanwendungen –
Oberbau –****Zerstörungsfreie Prüfung an Schienen im Gleis –
Teil 5: Zerstörungsfreie Prüfung an Schweißungen im Gleis;
Deutsche und Englische Fassung prEN 16729-5:2021**

Railway applications –
Infrastructure –
Non-destructive testing on rails in track –
Part 5: Non-destructive testing on welds in track;
German and English version prEN 16729-5:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-08-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) oder Rolandstr. 4, 34131 Kassel.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 114 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16729-5:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 087-00-01-12 UA „Inspizieren und Behandeln von Schienen“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

EN ISO 5577:2017 siehe DIN EN ISO 5577:2017-05

ISO 2768-1 siehe DIN ISO 2768-1

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 5577:2017-05, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Terminologie (ISO 5577:2017); Deutsche Fassung EN ISO 5577:2017*

DIN ISO 2768-1, *Allgemeintoleranzen — Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung*

Titel de: Bahnanwendungen — Oberbau — Zerstörungsfreie Prüfung an Schienen
im Gleis — Teil 5: Zerstörungsfreie Prüfung an Schweißungen im Gleis

Titel en: Railway applications — Infrastructure — Non-destructive testing on rails
in track — Part 5: Non-destructive testing on welds in track

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen.....	6
5 ZfP-Verfahren zur Detektion von Fehlern in Schienenschweißungen.....	7
5.1 Allgemeines.....	7
5.2 Sichtprüfung – VT.....	9
5.2.1 Allgemeines.....	9
5.2.2 VT-Inspektionsbereich	9
5.2.3 Beispiele für Fehler	9
5.3 Ultraschallprüfung — UT.....	9
5.3.1 Allgemeines.....	9
5.3.2 UT-Inspektionsbereich	9
5.3.3 Beispiele für Fehler	9
6 Beschreibung von Schweißfehlern.....	10
6.1 Fehler in Lichtbogen-Reparaturschweißungen	10
6.1.1 Volumetrische Fehler - Porosität.....	10
6.1.2 Planare Fehler.....	11
6.2 Fehler in Abbrennstumpfschweißungen (Trimetallische Schweißungen).....	14
6.2.1 Volumetrische Fehler - Bindefehler.....	14
6.3 Fehler in einer aluminothermischen Schweißung.....	17
6.3.1 Volumetrische Fehler.....	17
6.3.2 Planare Fehler.....	23
6.3.3 Thermische Kontraktion (Wärmeriss)	28
6.3.4 Ermüdungsrisse.....	29
7 Dokumentation.....	30
7.1 Allgemeines.....	30
7.2 Anforderungen an die Dokumentation der Sichtprüfung.....	30
7.3 Anforderungen an die Dokumentation der Ultraschallprüfung.....	31
Anhang A (informativ) Durchführung von Sichtprüfungen an Schweißungen.....	32
A.1 Allgemeines.....	32
A.2 Sichtprüfung von Schweißungen.....	32
A.2.1 Prüfgeräte.....	32
A.2.2 Vorbereitung und Ablauf der Prüfung.....	32
Anhang B (informativ) Ultraschall-Prüfverfahren für Schweißungen	33
B.1 Allgemeines - Prüfbedingungen.....	33
B.2 Phase W: Handgeführtes Rollgerät	40
B.2.1 Allgemeines.....	40
B.2.2 Überblick	40
B.2.3 Referenz- und Prüfeinstellungen für W.1	40
B.2.4 Vergleichskörper für die Inspektionen W.2 und W.3.....	40

B.2.5	Transferkorrektur auf Prüfungen W.1 bis W.3 angewendet.....	40
B.2.6	Koppelmittel	41
B.2.7	Inspektionsbereich.....	41
B.3	Phase H: Handprüfköpfe	41
B.3.1	Allgemeines	41
B.3.2	Überblick.....	41
B.3.3	Vergleichskörper für die Inspektion H.1	41
B.3.4	Vergleichskörper für die Inspektion H.2	42
B.3.5	Vergleichskörper für die Inspektionen H.3 und H.4.....	42
B.3.6	Transferkorrektur auf Prüfungen H.1 bis H.4 angewendet.....	42
B.3.7	Koppelmittel	45
B.3.8	Inspektionsbereiche.....	45
B.4	Phase T: Tandem 45° auf der Fahrfläche.....	48
B.4.1	Überblick.....	48
B.4.2	Vergleichskörper für die Inspektion T.1	48
B.4.3	Transferkorrektur auf Inspektion T.1 angewendet.....	49
B.4.4	Koppelmittel	49
B.4.5	Inspektionsbereich für T.1.....	49
B.5	Phase TS: Tandem 70° an der Seite des Schienenkopfes, -stegs und -fußes.....	49
B.5.1	Überblick.....	49
B.5.2	Vergleichskörper für die Inspektion TS.1	50
B.5.3	Vergleichskörper für die Inspektion TS.2	51
B.5.4	Vergleichskörper für die Inspektion TS.3	52
B.5.5	Transferkorrektur auf Inspektionen TS.1 bis TS.3 angewendet.....	53
B.5.6	Koppelmittel	53
B.5.7	Inspektionsbereiche.....	53
	Literaturhinweise.....	56

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16729-5:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Die Verfahren sind für neue Schweißungen vorgesehen, sind aber auf Anfrage des zuständigen Infrastrukturmanager (IM) auf alle Schweißungen anwendbar. Wenn Schweißungen geprüft werden sollen, sollten sie nach den in diesem Dokument festgelegten Verfahren geprüft werden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Verfahren zur Sichtprüfung und Ultraschallprüfung von Schienenschweißungen in Gleisen für Schienenprofile fest, die die Anforderungen der EN 13674-1 erfüllen.

Dieses Dokument legt die Grundsätze für Prüfverfahren für gefertigte Schweißungen fest. Dieses Dokument legt das Verfahren für Verbindungsschweißungen und Reparaturschweißungen fest. Dieses Dokument legt nicht die Anzahl der zu prüfenden Schweißungen fest.

Dieses Dokument behandelt nicht die Zulassung des Schweißprozesses.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Wulst

Überschuss an Schweißwerkstoff außerhalb des Schienenprofils

3.2

Registrierschwelle

Ultraschallsignalamplitude, bei der Anzeigen registriert werden müssen, nicht zu verwechseln mit Zulässigkeitskriterien

3.3

Tandem-Prüfvorrichtung

Eine Tandem-Prüfvorrichtung stellt den korrekten Abstand zwischen zwei Ultraschallprüfköpfen sicher

3.4

Prüfbereich

Ort, an dem Prüfköpfe oder Prüfgeräte auf der Schienenoberfläche platziert/bewegt werden

3.5

Inspektionsbereich

Fläche oder Volumen, welche auf Anzeigen geprüft wird

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Zwecke dieses Dokuments gelten die in Tabelle 1 aufgeführten Abkürzungen.

Tabelle 1 — Abkürzungen

Abkürzung	Abgekürzter Begriff
DAC	DAC-Bezugslinie - Korrektur der Amplitude in Abhängigkeit zur Entfernung (en: Distance Amplitude Curve)
FBH	Flachbodenbohrung (en: Flat Bottom Hole), siehe EN 16729-1
FSH	Bildschirmhöhe (en: Full Screen Height)
H	Phase H für die Prüfung mit Handprüfköpfen
T	Phase T zur Prüfung mit Tandem 45° auf der Fahrfläche
TS	Phase TS zur Prüfung mit Tandem 70° auf der Seite des Schienenkopfes, -stegs und -fußes
UT	Ultraschallprüfung
VT	Sichtprüfung (en: Visual testing)
W	Phase W für die Prüfung mit handgeführten Schienenprüfgerät
IG	Inspektionsverstärkung (en: Inspection gain)
G _{DAC}	Verstärkung der DAC-Bezugslinie (en: Gain distance amplitude curve)
ΔG	Verstärkung der Transferkompensation (en: Transfer gain compensation)
G _{weld}	Erforderliche Verstärkung für 80 % FSH in der Schweißung
G _{plain_rail}	Erforderliche Verstärkung für 80 % FSH in der Vollschiene

5 ZfP-Verfahren zur Detektion von Fehlern in Schienenschweißungen

5.1 Allgemeines

Dieser Teil dieser Europäischen Norm legt Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung für die Detektion von inneren Fehlern und Oberflächenfehlern in Schienenschweißungen und die Eignung der Prüfverfahren zum Auffinden und Beurteilen von Schweißfehlern in Schienen im Gleis fest. Die Beschreibung der Fehler ist in Tabelle 3 bis Tabelle 17 enthalten, einschließlich der jeweiligen Bilder 1 bis Bild 19. Die Verfahren zur Detektion von Anzeigen in Schienenschweißungen sind in Anhang A und Anhang B dargestellt. Die Prüfverfahren entsprechend dem Fehler und der Prüfnummer sind in Tabelle 2 dargestellt.

Die Anforderungen an die Prüfung von Schweißungen werden durch den IM festgelegt. Wenn die Prüfung einer Auswahl oder aller Schweißungen vom IM gefordert wird, sollte der IM festlegen, welches Verfahren und welche Prüfnummer verwendet werden soll.

In den informativen Anhängen werden keine Zulässigkeitskriterien angegeben. Die Zulässigkeitskriterien können auf der Grundlage der Referenzblöcke und der Empfindlichkeitsschwelle definiert werden, einschließlich der Anzahl der Anzeigen, die die Prüfeempfindlichkeit und die Mindestregistrierschwelle überschreiten. Diese Parameter sollten in der vom IM genehmigten Prüfanweisung definiert werden.

Tabelle 2 — Prüfverfahren der Schweißfehler entsprechend der Prüfnummer in Anhang A und Anhang B

Verfahren im Anhang			VT	UT										
Prüfphase ^a				W.1	W.2	W.3	H.1	H.2	H.3	H.4	T.1	TS.1	TS.2	TS.3
Lichtbogen-Reparatur-schweißungen	Volumetrische Fehler	Porosität	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
	Planare Fehler	Oberflächenriss	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
		Querriss	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
		Bindefehler	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
Abtrennstumpf-schweißungen	Volumetrische Fehler	Bindefehler			X	X		X	X	X	X			X
Alumino-thermische Schweißungen	Volumetrische Fehler	Porositäten		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Einschlüsse		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Schrumpfung											X	
		Bindefehler		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Planare Fehler	Sandbrand	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
		Oberflächenfehler in der Schweißwulst	X										X	
		Thermische Kontraktion (Wärmeriss)	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
		Ermüdungsrisse	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Querriss im Werkstoff der Oberflächenschweißung	X	X	X	X	X	X	X		X			
		Beschädigung der Schweißwulst am Steigrohr	X							X			X	X
^a Übersicht der Prüfnummern in Anhang B, Tabelle B.1.														

5.2 Sichtprüfung – VT

5.2.1 Allgemeines

Die Sichtprüfung von Schweißungen in Schienen umfasst eine Untersuchung der Oberfläche, um das Vorhandensein eines Fehlers zu erkennen und diesen zu definieren und zu messen.

5.2.2 VT-Inspektionsbereich

Mit der Sichtprüfung können alle Oberflächenbereiche von Schweißungen überprüft werden.

5.2.3 Beispiele für Fehler

Beispiele für Fehler, die durch Sichtprüfungen erkannt werden, sind:

- gebrochene Schweißungen;
- Gasblasen;
- Porosität;
- Risse in der Oberfläche;
- Sandeinschlüsse;
- geometrische Fehler.

5.3 Ultraschallprüfung — UT

5.3.1 Allgemeines

Die Ultraschallprüfung von Schweißungen in Schienen umfasst eine Untersuchung des Innenvolumens, um das Vorhandensein eines Fehlers zu erkennen und diesen zu definieren und zu messen.

5.3.2 UT-Inspektionsbereich

Mit der Ultraschallprüfung kann das Innenvolumen der Schweißung, der Schmelzbereich und die Wärmeeinflusszone geprüft werden. Der Inspektionsbereich ist abhängig von der Art der Schweißung und den zu erwartenden Anzeigen.

5.3.3 Beispiele für Fehler

Beispiele für Fehler, die durch Ultraschallprüfungen erkannt werden, sind:

- Bindefehler;
- Risse;
- Einschlüsse;
- Porosität;
- Warmrisse.

6 Beschreibung von Schweißfehlern

6.1 Fehler in Lichtbogen-Reparaturschweißungen

6.1.1 Volumetrische Fehler - Porosität

Tabelle 3 — Porosität

Art der Schweißung:	Lichtbogen-Reparaturschweißungen
Fehlerart:	Porosität
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage:	
<ul style="list-style-type: none">— Porosität in Lichtbogen-Reparaturschweißungen zeichnet sich durch kleine Einschlüsse im Schweißwerkstoff aus.— Sie tritt an der Oberfläche oder im Schweißwerkstoff selbst auf, am häufigsten an den Längsgrenzen der Reparaturschweißung.— Sie entsteht durch mangelhafte Ausführung seitens des Schweißers, ungünstige Umgebungsbedingungen und eine ungenügende Qualität/Eignung der verwendeten Elektroden.— unter Stoßbelastungen kann es dabei zu Rissbildung kommen.	



Bild 1 — Porosität an Lichtbogen-Reparaturschweißungen (a)



Bild 2 — Porosität an Lichtbogen-Reparaturschweißungen (b)

6.1.2 Planare Fehler

6.1.2.1 Oberflächenrissbildung

Tabelle 4 Oberflächenriss

Art der Schweißung:	Lichtbogen-Reparaturschweißungen
Fehlerart:	Oberflächenrissbildung
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage:	
<ul style="list-style-type: none">— Oberflächenrissbildung an Lichtbogen-Reparaturschweißungen zeichnet sich durch Risse auf der Oberfläche des Schweißwerkstoffs aus.— entsteht entweder vereinzelt oder in Verbindung mit Oberflächenporositäten.— tritt auf der Oberfläche der Reparaturschweißung auf, meist an den Längsgrenzen der Reparaturschweißung.— entsteht durch mangelhafte Ausführung seitens des Schweißers, ungünstige Umgebungsbedingungen und eine ungenügende Qualität/Eignung der verwendeten Elektroden.— breitet sich aufgrund von Stoßbelastungenschneller aus, insbesondere an mangelhaften Verbindungsstellen.— Es kann zu Abblätterungen kommen und in einer späteren Phase können Stücke des Schweißwerkstoffs ausbrechen.	



Bild 3 — Oberflächenrissbildung

6.1.2.2 Querriss

Tabelle 5 — Querriss

Art der Schweißung:	Lichtbogen-Reparaturschweißungen
Fehlerart:	Querriss
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage: <ul style="list-style-type: none"> — Querrisse an Lichtbogen-Reparaturschweißungen entstehen im Schienenkopf in oder unter der Reparaturschweißung. — Er kann entweder aufgrund eines unzureichenden Abtrags des Schienenwerkstoffs zur Beseitigung bereits vorhandener Risse im Schienenkopf oder durch Schlackeneintritt an der Verschmelzungsfläche der Schweißung entstehen. — Er kann durch Eigenspannungen auftreten, die durch einen falschen Schweißprozess, wie z. B. falsches Vorheizen oder falsche Schweißzusätze, verursacht werden. — Seine Größe und Ausprägung kann sich schnell entwickeln, vor allem in Verbindung mit der Erwärmung während der Reparaturschweißung. 	



Bild 4 — Querriss

6.1.2.3 Bindefehler

Tabelle 6 — Bindefehler

Art der Schweißung:	Lichtbogen-Reparaturschweißungen
Fehlerart:	Bindefehler
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage:	
<ul style="list-style-type: none">— Ein Bindefehler zwischen der Schweißung und dem Schienenwerkstoff entsteht durch einen schlechten Kontakt zwischen den beiden Werkstoffen.— Es kann zu einem Ausbruch eines größeren Teils des Schweißwerkstoffs kommen, bis hin zum Schienenwerkstoff unter der Reparaturschweißung.— Er entsteht hauptsächlich durch unzureichendes Vorheizen der zu reparierenden Schiene, kann aber auch mit mangelhafter Ausführung seitens des Schweißers, ungünstigen Umgebungsbedingungen und der ungenügenden Qualität/Eignung der verwendeten Elektroden zusammenhängen.— Er breitet sich aufgrund von Stoßbelastungen schneller aus, insbesondere an mangelhaften Verbindungsstellen.— Er ist nicht zu verwechseln mit starken Abblätterungen am Schweißwerkstoff.	



Bild 5 — Bindefehler

6.2 Fehler in Abbrennstumpfschweißungen (Trimetallische Schweißungen)

6.2.1 Volumetrische Fehler - Bindefehler

Tabelle 7 — Bindefehler

Art der Schweißung:	Abtrennstumpfschweißungen
Fehlerart:	Bindefehler
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage: <ul style="list-style-type: none"> — Eine unzureichende Verschmelzung an der trimetallischen Schweißung zeichnet sich durch einen Querriss zwischen der Edelstahleinlage und der perlitischen Schiene oder innerhalb der Edelstahleinlage aus, der in das Herzstück aus Mangan verläuft. — Er zeigt sich auf der Oberfläche im Allgemeinen an der Verschmelzungsfläche in der unteren Hälfte der Schweißung und ist möglicherweise nur von der Unterseite des Fußes aus sichtbar. — Er kann aufgrund von Einschlüssen im gegossenen Edelstahleinsatz, unzureichender Kontrolle des Schweißprozesses oder starkem Schleifen der Schweißung entstehen. — Er kann sich unter Stoßbelastungen schneller ausbreiten, insbesondere in Form von großen Rissen auf der perlitischen Seite aufgrund kleiner Spannungserhöhungen. Fehler innerhalb des Edelstahleinsatzes und des Mangans breiten sich im Allgemeinen langsamer aus, dies ist jedoch von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. 	



Bild 6 — Querschweißungsfehler in der Trimetallzone (a)



Bild 7 — Querschweißungsfehler in der Trimetallzone (b)

6.3 Fehler in einer aluminothermischen Schweißung

6.3.1 Volumetrische Fehler

6.3.1.1 Porosität

Tabelle 8 — Porosität

Art der Schweißung:	Aluminothermische Schweißung
Fehlerart:	Porosität
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage:	
<ul style="list-style-type: none">— Porosität in aluminothermischen Schweißungen ist eine Ansammlung von Gasblasen mit einer glatten und sauberen Oberfläche. Porosität kann entweder in der Oberfläche der Schweißung oder im Inneren des Schweißwerkstoffs auftreten.— Sie wird durch Luftfeuchtigkeit, unzureichende Vorerwärmung oder feuchte Form, Tiegel und Schweißzusätze verursacht.— Dies bewirkt eine Schwächung der Schweißung, allerdings ist es unwahrscheinlich, dass sie sich aufgrund von Ermüdung ausbreitet. Brüche können aufgrund von Lastbedingungen oder schlechter Gleisgeometrie auftreten.	



Bild 8 — Porosität an aluminothermischen Schweißungen

6.3.1.2 Einschlüsse

Tabelle 9 — Nichtmetallische volumetrische Einschlüsse

Art der Schweißung:	Aluminothermische Schweißung
Fehlerart:	Nichtmetallische volumetrische Einschlüsse (Schlacke oder Sand)
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage: <ul style="list-style-type: none"> — Nichtmetallische volumetrische Einschlüsse in aluminothermischen Schweißungen sind Fremdstoffe in der Schweißung. Einschlüsse haben üblicherweise eine raue Oberfläche und ungleichmäßige Formen. Schlackeneinschlüsse sehen schwarz aus und treten eher an den oberen Teilen des Schienenstegs und -kopfs auf; Sandeinschlüsse sehen weiß aus und können überall in der Schweißung auftreten. — Schlackeneinschlüsse können verursacht werden durch <ul style="list-style-type: none"> — unzureichende Reinigung von langlebigen Tiegeln bei Mehrfachverwendung, — unzureichende Schlackenentfernung nach dem Brennschneiden der Schienenenden, — fehlender Formstopfen und — vorzeitiges Ausgießen des aluminothermischen Teils aufgrund einer Fehlfunktion der automatischen Kausche. — Sandeinschlüsse können verursacht werden durch <ul style="list-style-type: none"> — unzureichende Abdeckung des Schienenspalt beim Abdichten, wodurch Befestigungssand in den Schienenspalt fällt, — in den Schienenspalt gepressten Befestigungssand, bei Dichtungsformen über Schienenenden mit Höhenunterschied und — ein beim Anbringen der Formen oder durch zu starkes Vorheizen abgebrochenes Stück der Form. — Dies bewirkt eine Schwächung der Schweißung, allerdings ist es unwahrscheinlich, dass sie sich aufgrund von Ermüdung ausbreitet. Brüche können aufgrund von Lastbedingungen oder schlechter Gleisgeometrie auftreten. 	



Bild 9 — Nichtmetallischer volumetrischer Einschluss (a)



Bild 10 — Nichtmetallischer volumetrischer Einschluss (b)

6.3.1.3 Schrumpfung

Tabelle 10 — Schrumpfung

Art der Schweißung:	Aluminothermische Schweißung
Fehlerart:	Schrumpfung
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage:	
<ul style="list-style-type: none">— Eine Schrumpfung in der aluminothermischen Schweißung ist ein dreidimensionaler Rückzug des Metalls, der sich als Hohlraum im Schienensteg zeigt. Sie befindet sich in der Mitte der Wulst oder im Profil der Schiene.— Ihre Größe ist unterschiedlich, die Länge kann mehrere Millimeter betragen (>50 mm) bei einer Breite von maximal 10 mm.— Sie wird durch übermäßige Vorerwärmung oder schnelles Abkühlen des Schweißwerkstoffs in der oder um die Schweißwulst verursacht.— Sie kann sich vergrößern und zum Bruch der Schweißung führen, insbesondere wenn die Breite der Schrumpfung 5 mm überschreitet.	



Bild 11 — Schrumpfung

6.3.1.4 Bindefehler

Tabelle 11 — Bindefehler

Art der Schweißung:	Aluminothermische Schweißung
Fehlerart:	Bindefehler
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage:	
<ul style="list-style-type: none">— Ein Bindefehler ist ein vertikaler, planarer Bruch, der sich entlang der ursprünglichen Schienenendabschnitte erstreckt. In den meisten Fällen ist der Bereich des Schienenfußes betroffen.— Er wird durch eine unsachgemäße Ausführung des Vorerwärmungsvorgangs aufgrund von falschem Gasdruck, ungeeigneter Vorerwärmungsdauer, Brennerausrichtung und zu geringem Spaltmaß zwischen den Schienenenden verursacht. Bei unzureichender Vorerwärmung tritt der Bindefehler häufig in Kombination mit Porosität auf.	



Bild 12 — Aluminothermische Schweißung mit Bindefehler am Schienenfuß und Porosität

6.3.2 Planare Fehler

6.3.2.1 Sandbrand

Tabelle 12 — Sandbrand

Art der Schweißung:	Aluminothermische Schweißung
Fehlerart:	Sandbrand
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage:	
<ul style="list-style-type: none">— Ein Sandbrand in einer aluminothermischen Schweißung zeichnet sich durch einen Mangel an Metall an der Oberseite oder am Schienenkopf aus.— Er entsteht durch Verglasung des Befestigungsandes oder Formsandes durch das Vergießen vom Stahl oder durch eine zu starke Vorerwärmungsflamme, die Vertiefungen in der Schienenkopfoberfläche verursacht.— Er kann sich aufgrund von Lastbedingungen vergrößern, ähnlich wie bei einem tiefsitzenden Squat, wobei Risse entstehen, die in den Schienenkopf vordringen.	



Bild 13 — Sandbrand

6.3.2.2 Oberflächenfehler an der Schweißwulst

Tabelle 13 — Oberflächenfehler an der Schweißwulst

Art der Schweißung:	Aluminothermische Schweißung
Fehlerart:	Oberflächenfehler an der Schweißwulst
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage:	
<ul style="list-style-type: none">— Oberflächenfehler an der Schweißwulst in aluminothermischen Schweißungen können sich durch eine glatte Oberfläche mit Lunkern auszeichnen.— Er wird durch einen Sauerstoffüberschuss bei der Vorerwärmung verursacht, der zu einer Verglasung der Form führt.— Es ist unwahrscheinlich, dass er sich ausbreitet.	



Bild 14 — Oberflächenfehler an der Schweißwulst

6.3.2.3 Querriss im Werkstoff der Oberflächenschweißung

Tabelle 14 — Querriss im Werkstoff der Oberflächenschweißung

Art der Schweißung:	Aluminothermische Schweißung
Fehlerart:	Querriss im Werkstoff der Oberflächenschweißung
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage:	
<ul style="list-style-type: none">— Ein Querriss des Werkstoffs der Oberflächenschweißung bei der aluminothermischen Schweißung zeigt sich als Materialverlust in Querrichtung auf der Oberfläche des Schienenkopfes.— Er wird verursacht durch<ul style="list-style-type: none">— zu frühe Verwendung des Schienenschneiders nach dem Erstarren,— Verwendung von Rotorblättern in schlechtem Zustand oder— falsche Arbeitsbedingungen.— Er kann sich aufgrund von Lastbedingungen vergrößern, ähnlich wie bei einem tiefsitzenden Squat, wobei Risse entstehen, die in den Schienenkopf vordringen.	

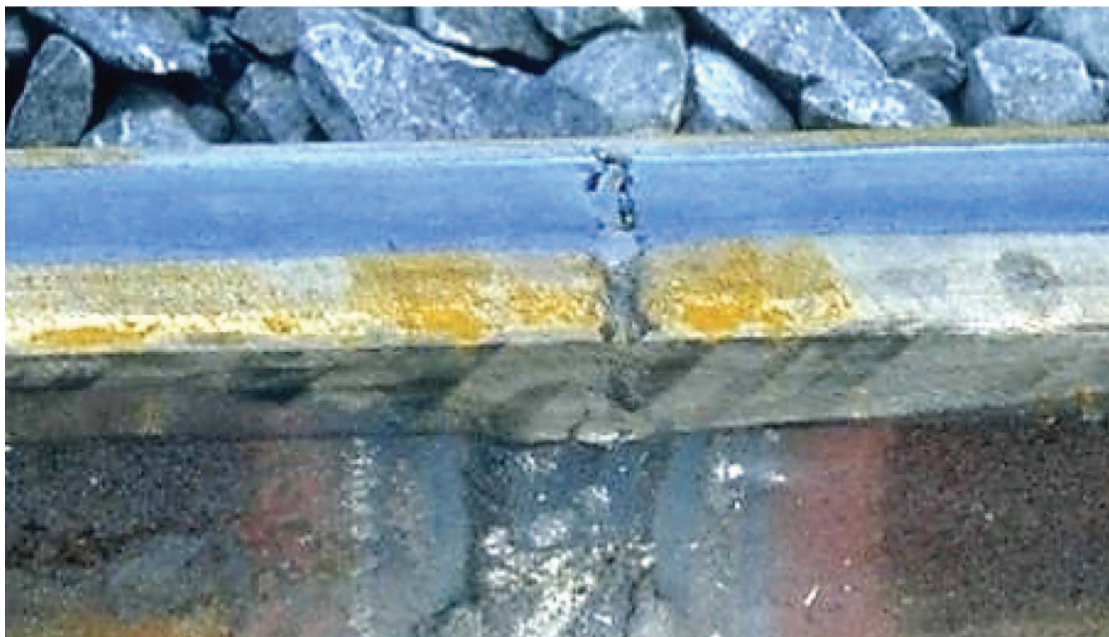


Bild 15 — Querriss im Werkstoff der Oberflächenschweißung (a)



Bild 16 — Querriss im Werkstoff der Oberflächenschweißung (b)

6.3.2.4 Beschädigung der Schweißwulst am Steigrohr

Tabelle 15 — Beschädigung der Schweißwulst am Steigrohr

Art der Schweißung:	Aluminothermische Schweißung
Fehlerart:	Beschädigung der Schweißwulst am Steigrohr
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage:	
<ul style="list-style-type: none">— Eine Beschädigung der Schweißwulst am Steigrohr in der aluminothermischen Schweißung zeichnet sich durch einen Mangel an Werkstoff am Schienenfuß aus.— Sie wird durch falsches Entfernen der Steigrohre Spannvorrichtung? verursacht, durch zu starkes Biegen des Steigrohrs im heißen Zustand, durch die Verwendung von scharfen Werkzeugen oder Winkelschleifern kann Material abgerissen werden.— Es ist unwahrscheinlich, dass er sich ausbreitet.	



Bild 17 — Beschädigung der Schweißwulst am Steigrohr

6.3.3 Thermische Kontraktion (Wärmeriss)

Tabelle 16 — Thermische Kontraktion

Art der Schweißung:	Aluminothermische Schweißung
Fehlerart:	Thermische Kontraktion
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage: <ul style="list-style-type: none"> — Die thermische Kontraktion in der aluminothermischen Schweißung zeichnet sich durch einen Abriss des Metalls während des Abkühlprozesses aus. — Sie ist eine Schwächung der Schweißung und befindet sich oft in der Achse der Schweißung, an der Verbindungsstelle Steg/Fuß. — Sie kann verursacht werden durch <ul style="list-style-type: none"> — zu frühes Lösen der Spannung des hydraulischen Schienenspanners während des Erstarrens der Schweißung, — extreme und schnelle Änderung der Schientemperatur während des Erstarrens der Schweißung und — Abkühlung der Schweißung, wenn die Schienenbefestigungen in der Nähe der Schweißung nicht entfernt werden. — Es handelt sich um einen planaren Fehler, der zu einem Sprödbbruch der Schweißung führt, oft schon bei der ersten Belastung. 	



Bild 18 — Thermische Kontraktion

6.3.4 Ermüdungsrisse

Tabelle 17 — Ermüdungsrisse

Art der Schweißung:	Aluminothermische Schweißung
Fehlerart:	Ermüdungsrisse
Erscheinungsbild, Ursachen und Lage:	
<ul style="list-style-type: none">— Ermüdungsrisse in aluminothermischen Schweißungen entstehen durch kleine Fehler im Schweißwerkstoff, wie Einschlüsse und Porositäten.— Sie können auf eine schlechte Ausführung durch den Schweißer, ungünstige Umgebungsbedingungen und eine unzureichende Qualität/Eignung des verwendeten Werkstoffs zurückzuführen sein. Sie können sich aufgrund von zyklischer Belastung oder schlechter Gleisgeometrie entwickeln und sich vertikal oder horizontal ausbreiten:<ul style="list-style-type: none">— Bei vertikaler Ausbreitung geht der Bruch üblicherweise von Spannungskonzentrationsstellen am Rand der Schweißwulst, im Fuß-, im unterem Stegbereich- und im Unterkopfbereich aus.— Bei horizontaler Ausbreitung geht der Bruch üblicherweise von einem oberflächlichen oder oberflächennahen Fehler in der Schweißwulst, im mittleren oder oberen Stegbereich- aus.	



Bild 19 — Ermüdungsrisse

7 Dokumentation

7.1 Allgemeines

Inhalt und Typ der Dokumentation müssen durch den IM festgelegt werden.

7.2 Anforderungen an die Dokumentation der Sichtprüfung

Die Dokumentation und der Bericht über die Sichtprüfung der Schweißungen sollten Folgendes enthalten:

- Information und Qualifikation des Prüfpersonals;
- Prüfdatum;
- verwendete Arbeitsgeräte (Lupe, Lichtmesstechnik usw.);
- Oberflächenzustand;
- ob eine Oberflächenbehandlung durchgeführt wurde (chemische Reinigung, Schleifen usw.);
- Prüfbereich;
- Fehlerklassifizierung (Größe, Fehlerart usw.);

- Lage der Fehler in der Schiene und Schweißung (mit Zeichnung).

7.3 Anforderungen an die Dokumentation der Ultraschallprüfung

Die Dokumentation sollte Folgendes umfassen:

- Information und Qualifikation des Prüfpersonals;
- Prüfdatum;
- Typ und Seriennummer der Ultraschallprüfköpfe;
- Typ und Seriennummer des Ultraschallgeräts und Datum der Kalibrierung des Geräts;
- Systemeinstellungen;
- Dokumentation der Einstellung (Name des Kalibrierkörpers, Seriennummer, Zertifizierung);
- Prüffläche, Lage der Prüfköpfe in Bezug auf das Schienenprofil;
- Oberflächenzustand;
- ob eine Oberflächenbehandlung durchgeführt wurde (chemische Reinigung, Schleifen usw.);
- Fehlerklassifizierung (Größe, Fehlerart usw.);
- Lage der Fehler in der Schiene und Schweißung (mit Zeichnung, sofern zutreffend);
- Screenshot des Fehler-Echogramms.

Anhang A (informativ)

Durchführung von Sichtprüfungen an Schweißungen

A.1 Allgemeines

Dieser Anhang legt die Sichtprüfung von Schweißungen an Gleisen fest. Die Sichtprüfung dient der Erkennung von Gasporen, Verschmelzungsfehlern und anderen Oberflächenfehlern wie Squats und Einschlüssen. Die Lage des Fehlers auf der Schienenoberfläche und seine Größe können bestimmt werden.

A.2 Sichtprüfung von Schweißungen

A.2.1 Prüfgeräte

Die folgenden Geräte können verwendet werden:

- Beleuchtungsgeräte;
- Luxmeter;
- Metalllineal;
- Lupe;
- Kontrollspiegel.

A.2.2 Vorbereitung und Ablauf der Prüfung

Die Prüffläche sollte die gesamte Schweißung einschließlich Fahrfläche und Schweißwulst umfassen. Die Oberfläche der Schiene sollte sich in einem Zustand befinden, der eine sichere Durchführung der Prüfung ermöglicht. Für eine gute Erkennbarkeit von Oberflächenfehlern ist es wichtig, dass die Schiene trocken ist. Für die Prüfung einer Schweißung sollte eine ausreichende Beleuchtungsstärke von ≥ 350 lx vorhanden sein. Die Beleuchtung sollte immer so gewählt werden, dass der Prüfer weder geblendet noch durch Reflexionen gestört wird. Die Prüfabschnitte sollten aus einem Abstand von 30 cm bis 60 cm zur Oberfläche betrachtet werden und der Betrachtungswinkel sollte nicht kleiner als 30° sein.

Die folgenden Fehler sollten beachtet werden:

- Risse zwischen Schiene und Schweißwulst;
- Gasporen und Einschlüsse;
- Fahrflächenfehler wie Squats und Vertiefungen.

ANMERKUNG Zur Qualifikation des Prüfpersonals siehe EN 16729-4.

Anhang B (informativ)

Ultraschall-Prüfverfahren für Schweißungen

B.1 Allgemeines - Prüfbedingungen

Dieser Anhang legt die Ultraschallprüfung von Schweißungen an Gleisen fest. Die Ultraschallprüfung wird zur Erkennung von inneren Fehlern wie Gasporen, Verschmelzungsfehlern und Einschlüssen eingesetzt.

Das Ultraschallprüfverfahren einer Schweißnaht kann unterschiedliche Beschaffenheiten und Phasen aufweisen, wobei verschiedene Prüfköpfe und Prüftechniken für unterschiedliche Bereiche oder Fehlerarten verwendet werden, welche getestet werden sollen. Jede Phase kann aus einer oder mehreren Inspektionen bestehen:

- Phase W: handgeführte Rollgeräte, bestehend aus der Prüfnummer W.1 bis W.3;
- Phase H: einzelne Handprüfköpfe, bestehend aus den Prüfnummern H.1 bis H.4; siehe Prüfköpfe 1 bis 5 in Bild B.1;
- Phase T: Tandemprüfköpfe am Schienenkopf, bestehend aus der Prüfnummer T.1; siehe Prüfköpfe 1 und 2 in Bild B.2;
- Phase TS: Tandemprüfköpfe an der Seite des Schienenkopfes, -stegs und -fußes, bestehend aus den Prüfnummern TS.1 bis TS.3; siehe Prüfköpfe 1 bis 6 in Bild B.3.