

DIN EN 13231-5



ICS 93.100

Einsprüche bis 2016-12-07

Entwurf**Bahnanwendungen –****Oberbau –****Abnahme von Arbeiten –****Teil 5: Procedere zur Reprofilierung von Schienen in Gleisen, Weichen, Kreuzungen und Schienenausügen;****Deutsche und Englische Fassung prEN 13231-5:2016**

Railway applications –

Track –

Acceptance of works –

Part 5: Procedures for rail reprofiling in plain line, switches, crossings and expansion devices;
German and English version prEN 13231-5:2016

Applications ferroviaires –

Voie –

Réception des travaux –

Partie 5: Procédure pour le reprofilage de rails en voie courante, en appareil de voie et en
appareil de dilatation;

Version allemande et anglaise prEN 13231-5:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-10-07 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 des 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), Panoramaweg 1, 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 81 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13231-5:2016) wurde unter der Federführung der WG 50 „Inspizieren und Behandeln von Schienen“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) des SC 1 „Infrastruktur“ (Sekretariat: IPQ, Portugal) innerhalb des Technischen Komitees CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

Dieses Dokument beruht auf der Grundlage einer englischen Referenzfassung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 13231-5 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Bahnanwendungen — Oberbau — Abnahme von Arbeiten — Teil 5: Procedere zur Reprofilierung von Schienen in Gleisen, Weichen, Kreuzungen und Schienenauszügen

Applications ferroviaires — Voie — Réception des travaux — Partie 5 : Procédure pour le reprofilage de rails en voie courante, en appareil de voie et en appareil de dilatation

Railway applications — Track — Acceptance of works — Part 5: Procedures for rail reprofiling in plain line, switches, crossings and expansion devices

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Grundlagen	7
4.1 Technische Einführung	7
4.2 Hintergrund der Reprofilierung von Schienen	7
4.3 Spezifische Reprofilierungsstrategie	8
5 Schienenoberflächenfehler	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Rollkontaktermüdung	9
5.2.1 Head Check	9
5.2.2 Belgrospi	10
5.2.3 Squats	10
5.2.4 Fahrkantenausbruch (engl. Flaking)	11
5.2.5 Abblätterung (engl. spalling)	12
5.3 Querprofilverformung	12
5.3.1 Abgeflachtes Querprofil	12
5.3.2 Seitenverschleiß	13
5.3.3 Gratabbildung	13
5.4 Periodische Defekte in Längsprofilen	14
5.4.1 Riffel	14
5.4.2 Schlupfwellen	16
5.4.3 Langwellige Fehler	18
5.5 Oberflächenbeschädigung	19
5.5.1 Allgemeines	19
5.5.2 Eindrückungen	19
5.5.3 Schleuderstellen	20
6 Reprofilierungsverfahren	21
6.1 Inspektion	21
6.2 Eingriffsschwellen	21
6.2.1 Längsprofil	21
6.2.2 Querprofil	22
6.2.3 Rollkontaktermüdung (RCF)	22
6.3 Arbeitsbeschreibung	24
6.3.1 Metallabtrag	24
6.3.2 Zielfprofil	24
6.4 Ausführen von Arbeiten	26
6.5 Dokumentation der Arbeit	27
Anhang A (informativ) Planung der Reprofilierungsarbeit	28
A.1 Allgemeines Reprofilierungsprogramm	28
A.1.1 Allgemeines	28
A.1.2 Reprofilierungsanwendungen	28
A.1.3 Auswahl des Maschinentyps	29

A.1.4	Kombination von Reprofilierungsaktivitäten mit anderer Streckeninstandhaltungsarbeit	30
A.2	Detaillierter Reprofilierungsplan	30
Anhang B (informativ) Reprofilierungsmethoden.....		31
B.1	Allgemeines	31
B.2	Rotierendes Schleifen	31
B.2.1	Arbeitsprinzip	31
B.2.2	Leistung.....	32
B.2.3	Ergebnisse.....	32
B.2.4	Anwendung.....	32
B.3	Fräsen	33
B.3.1	Arbeitsprinzip	33
B.3.2	Leistung.....	33
B.3.3	Ergebnisse.....	34
B.3.4	Anwendung.....	34
B.4	Oszillierendes Schleifen.....	34
B.4.1	Arbeitsprinzip	34
B.4.2	Leistung.....	35
B.4.3	Ergebnisse.....	35
B.4.4	Anwendung.....	35
B.5	Hobeln	35
B.5.1	Arbeitsprinzip	35
B.5.2	Leistung.....	36
B.5.3	Ergebnisse.....	36
B.5.4	Anwendung.....	36
B.6	Hochgeschwindigkeitsschleifen.....	36
B.6.1	Arbeitsprinzip	36
B.6.2	Leistung.....	37
B.6.3	Ergebnisse.....	37
B.6.4	Anwendung.....	37
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.....		38
Literaturhinweise.....		40

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13231-5:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Diese Europäische Norm gehört zur Reihe EN 13231 *Bahnanwendungen — Oberbau — Annahme von Arbeiten* wie unten aufgelistet:

- *Teil 1: Arbeiten im Schotteroberbau – Gleise, Weichen und Kreuzungen*
- *Teil 3: Abnahme von reprofilierten Schienen im Gleis*
- *Teil 4: Annahme von Reprofilierungsarbeiten in Weichen und Kreuzungen*
- *Teil 5: Procedere zur Reprofilierung von Schienen in Gleisen, Weichen, Kreuzungen und Schienenauszügen (diese Norm)*

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt das Vorgehen für die Untersuchung, Planung und Durchführung von Reprofilierungsarbeiten fest, einschließlich der Beschreibung von Schienenoberflächenfehlern. Betroffen sind sowohl Arbeiten auf freier Strecke, als auch an Weichen und Kreuzungen, üblicherweise ausgeführt mit Maschinen nach den Normenreihen EN 14033 und EN 15746.

Die Norm gilt für Vignole-Schienen von 46 kg/m oder mehr nach EN 13674-1.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 13231-3:2012, *Bahnanwendungen — Oberbau — Annahme von Arbeiten—Teil 3: Abnahme von reprofilierten Schienen im Gleis*

EN 13231-4:2013, *Bahnanwendungen — Oberbau — Annahme von Arbeiten — Teil 4: Annahme von Reprofilierungsarbeiten in Weichen und Kreuzungen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 13231-3 und EN 13231-4 und die folgenden Begriffe.

3.1

Anti-Head Check Profil

AHC-Profil

Schienenkopfprofil mit einer geometrischen Form zur Vermeidung und Reduktion von Head Checks

3.2

Rollkontaktermüdung

RCF (engl.: Rolling Contact Fatigue)

Schienenschaden, der durch die komplexe Beanspruchung entsteht, die für den Rad-Schiene-Kontakt charakteristisch ist

3.3

Head Check

HC

Schmale parallele Risse auf dem Schienenkopf in der Nähe der Fahrkante oder an der Fahrkante

3.4

Belgrospi

Netzwerk von Rissen, das sich auf dem Schienenkopf bei Geschwindigkeiten über 160 km/h entwickelt, ausgehend von Riffeln

3.5

Squat

Rollkontakt-Ermüdungsdefekt, dessen Hauptmerkmale eine schwärzliche Verfärbung auf der Gleisoberfläche, ein Fließen des Stahles in Querrichtung und ein kollabierter und verbreiteter Fahrspiegel sind

3.6

Fahrkantenausbruch

Oberflächenbeschaffenheit gekennzeichnet durch Metallausbruch aus dem Schienenkopf

3.7

Abblätterung

Abbrechen und Abplatzen auf der Oberseite der Schiene

Anmerkung 1 zum Begriff: Tritt gewöhnlich auf unteren Bogenschienen auf

3.8

Querprofilverformung

plastische Verschiebung auf dem Schienenkopf

3.9

seitlicher Schnitt

Abnutzung auf oberen Bogenschienen mit engem Radius, wo Radkränze die Gleise berühren

3.10

Gratbildung

plastischer Metallfluss, der auf der Schienenoberfläche vorkommt, bei hoher Achslast und hoher Gewichtslast

3.11

Riffel

Quasi-periodische Unregelmäßigkeiten auf der Fahroberfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wellenlänge liegt normalerweise zwischen 10 mm und 100 mm

3.12

Schlupfwellen

Vertiefungen in der Lauffläche, die ausgeprägt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wellenlänge beträgt normalerweise 30 mm bis 300 mm

3.13

lange Wellen

ungleichmäßige Unebenheit auf der Lauffläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wellenlänge beträgt normalerweise 300 mm bis 1000 mm.

3.14

Einfahrung

Beschädigung, die durch einen kleinen Gegenstand verursacht wird, der vom Rad in die Schiene gedrückt wurde

3.15

Schleuderstelle

scheuernde, plastische und hitzebedingte Beschädigung in Bereichen, wo Züge anfahren

Anmerkung 1 zum Begriff: Geschieht z. B. an Signalen.

4 Grundlagen

4.1 Technische Einführung

Die Komplexität der Interaktion zwischen Fahrzeug und Strecke erzeugt am Rad-Schiene-Kontakt starke Belastungen, deren Schwere durch die örtlichen Streckeneigenschaften, den Fahrzeugtyp und andere Betriebsbedingungen bestimmt werden. Die ständige Wiederholung dieser Belastungen führt zur Entwicklung von Ermüdungsbrüchen, die gewöhnlich als RCF bezeichnet werden und sich als Head Checks, Fahrkantenausbrüche oder Squats manifestieren. Obwohl die Schienenmetallurgie eine deutliche Maßnahme gegen diesen Ermüdungszerfall bietet, sind bis jetzt keine Stahllarten bekannt, die den wiederholten Kontaktspannungen vollständig widerstehen können. Darüber hinaus verfügen die meisten heute auf den Strecken befindlichen Schienen, trotz ihrer angemessenen, aber geringeren Ermüdungsresistenz, über eine recht lange Lebensdauer, sodass es wirtschaftlich ist, ihre Lebensdauer auf adäquate Weise zu verlängern anstatt sie auszuwechseln.

Das Management der Schienenprofile und -zustände ist daher eine Vorbedingung für den sicheren und kosteneffizienten Betrieb von Bahnen. Planbare Arbeit - zumindest auf mittlere Sicht - strategisch organisiert, muss definiert werden, um den größtmöglichen Nutzen aus vorhandenen Technologien zu ziehen und um der Branche für die künftigen Entwicklung die Richtung zu zeigen. Aber es ist wichtig, dafür zu sorgen, dass der gewählte Ansatz genügend Flexibilität bietet, um sich in zweierlei Hinsicht an veränderte Bedingungen anzupassen: höhere Anforderungen für die Instandhaltung aufgrund zunehmender Lasten und dynamischer Kräfte, verminderte Anforderungen für die Instandhaltung aufgrund geringerer Lasten (verbesserte Fahrzeugeigenschaften) und besserer Leistungen der Schienen (reduzierte Entwicklung von Ermüdungen).

Die Lebenserwartungen einer Schiene werden von ihrem Zusammenspiel mit den anderen Teilen des Rad-Schiene-Systems beeinflusst. Die schnelleren und häufigeren Zugdienste, höhere Achslasten und neue Fahrzeuggenerationen mit stärkerer Drehsteifigkeit haben die kritischen Schienenkräfte verstärkt, die den schnelleren Verschleiß der Schiene (und des Rades) fördern, wodurch häufigere und kostspielige Instandhaltungseingriffe und sogar Schienenerneuerungen erfolgen. Gezielte Forschung in der Schienenmetallurgie hat zur Entwicklung von Schienenstählen mit viel stärkerer Resistenz gegen Verschleiß und RCF geführt. Trotzdem ist die Schieneninstandhaltung durch Reprofilierung eine wichtige Maßnahme für das effiziente und sichere Funktionieren von Bahnstrecken. Die Kombination aus der Wahl der Stahlsorte und Instandhaltungsstrategie unter Berücksichtigung der jeweiligen Strecke und der Verkehrsmerkmale sichert die effektive Kontrolle aller Arten von Schienenoberflächenfehlern.

4.2 Hintergrund der Reprofilierung von Schienen

Die Reprofilierungsstrategie ist eine geplante Instandhaltungsaktivität, die normalerweise vom Instandhalter der Infrastruktur definiert wird. Theoretisch ist sie unabhängig von verfügbaren Technologien, aber praktisch wird sie oft von der Ausrüstung beeinflusst, die leicht zugänglich ist oder von den Vertragspartnern vorgeschlagen wird.

Die Arbeit wird geplant/programmiert, sobald im Voraus bestimmte Interventionsschwellen wie Wellentiefe, Abweichung vom Querprofil und Risstiefe erreicht sind.

Arbeiten werden alternativ zyklisch durchgeführt, wobei die Länge der Zyklen aus der Erfahrung abgeleitet werden und beeinflusst sind durch die Verfügbarkeit von Maschinen, Streckennutzungszeiten und ähnlichen Faktoren wie Verkehr, normalerweise ausgedrückt in Megabruttotonnen (MGT), Monaten, Jahreszeiten usw. Oft wird die Arbeit mit anderen Instandhaltungsaktivitäten kombiniert (z. B. nach Schienenersatz, nach dem Stopfen oder wenn die Strecke wegen anderer Arbeiten gesperrt ist, usw.).

Vor der Durchführung von Gleisinstandhaltungsarbeiten müssen Spezifikationen (d. h. die zu erreichenden Ergebnisse) festgelegt werden für:

- Reparatur von Defekten (Metallabtrag);
- Längsprofil (Toleranz);
- Querprofil (Ziel und Toleranz);
- Oberflächenzustand (Rauheit, Facettenbreite usw.).

Reprofilierung von Schienen, wie in diesem Dokument beschrieben, bezieht sich auf Gleisberichtigungen unter Verwendung derzeit verfügbarer Techniken wie Schleifen, Fräsen, Glätten usw.

4.3 Spezifische Reprofilierungsstrategie

Zusätzlich zur Verwendung geeigneter Schienenstähle hängen die aufeinander folgenden Reprofilierungszyklen auch von anderen wichtigen Parametern ab, wie z. B. vorhandener Reprofilierungskapazität (z. B. maximale/minimale Metallabtragsraten, Abschnittslängen usw.) und zur Verfügung stehenden Arbeitsintervallen (Verfügungszeiten, Möglichkeiten zur Streckenreprofilierung usw.). Für die Entwicklung einer optimierten Reprofilierungsstrategie müssen diese Parameter auch berücksichtigt werden.

Kürzere Reprofilierungsintervalle führen zu geringerem Metallabtrag. Folglich ist die Entwicklung von RCF und Unregelmäßigkeiten wie Wellenbildung und daraus resultierender Gleisverschlechterungen durch die kurzen Intervalle begrenzt.

Die beste Strategie ist die präventive zyklische Reprofilierung mit geringem Metallabtrag und leichter Bearbeitung des Fahrkantenbereichs. Wenn das Intervall zwischen den Reprofilierungszyklen gut zum Beginn und dem folgenden Wachstum von Rissen passt, kann der Metallabtrag „in einem Zug (engl. one-pass regime)“ durchgeführt werden, was aus betrieblicher Sicht die beste Option darstellt.

Um RCF-empfindliche Bereiche ökonomisch instandzuhalten, kann ein gewisses Beschädigungsniveau akzeptiert werden (als Interventionsschwelle oder als verbleibende Tiefe nach der Bearbeitung). Aber diese Beschädigung muss so gering gehalten werden, dass sie präventiv beseitigt werden kann, und so Sicherheitsprobleme vermieden werden. Eine Streckenreprofilierungsstrategie muss geplant werden, die Metallabtrag bis zu 0,6 mm an der Fahrkante vorsieht und ein Maximum von 0,2 mm in der Schienenkopfmittle.

Mehrere Infrastrukturmanager (IM) benutzen diese Metallabtragspezifikationen, um HC in Schienen aus Kohlenstoff-Mangan Stahl (R260) zu kontrollieren, basierend auf Reprofilierungszyklen von 15 MGT für Kurven und 45 MGT für gerade Streckenabschnitte. Für stärker wärmebehandelte Schienen (z. B. R350HT) dürfen die Intervalle verdoppelt werden, abhängig von den Eigenschaften der Strecke und des Verkehrs.

Falls Squats auf geraden Streckenabschnitten verhindert werden müssen, können aufgrund der Merkmale von Verkehr und Fahrzeugen (Steifheit, Traktion und Bremsen) kürzere Zyklen erforderlich sein.

Das Reprofilierungsintervall und der entsprechende Metallabtrag sollten sich nach aktuellen HC-Messungen richten, die während der Reprofilierungsarbeit neu geprüft werden müssen. Eine solche Strategie optimiert die Größe des künstlichen Verschleißes durch die Reprofilierung und verlängert damit die Lebensdauer der Schiene.

5 Schienenoberflächenfehler

5.1 Allgemeines

Jede Unregelmäßigkeit verursacht eine stärkere dynamische Belastung auf der Schienenoberfläche und damit erfolgt eine Stoßwirkung bei jeder Überfahrt. Folglich wird die Schiene hohen Belastungen ausgesetzt und die Beschädigung nimmt häufig schnell zu.

Betroffen ist nicht nur die Schiene, sondern der gesamte Gleisaufbau. Da das Gleis die Kräfte des Stoßes nicht immer absorbieren kann, wirkt die Stoßbelastung noch weiter auf das Gleis ein. Örtliche Schäden an Befestigungen, Zwischenplatten und Schwellen können die Folge sein. Letztlich wird das Schotterbett lokal überlastet und verändert und die Stabilität der Strecke kann nicht weiter gewährleistet werden.

5.2 Rollkontaktermüdung

5.2.1 Head Check

Head Checks sind kleine parallele Risse auf der Gleisoberfläche in der Nähe der Fahrkante oder an der Fahrkante (siehe Bild 1). Der genaue Ort der Risse hängt von den Kontaktbedingungen ab. Sie treten vor allem auf der oberen Bogenschiene in Kurven mit großem Radius auf, aber sie können auch in Kurven mit kleinen Radien oder auf gerader Strecke vorkommen. Richtung und Periodizität der Risse hängen von der Stahlart und der Streckengeometrie ab. Aber die Risse sind im Allgemeinen in Fahrtrichtung von der Schienenoberkante zur Fahrkante hin ausgerichtet. In der Vertikalen verlaufen die Risse von der Schienenoberkante zur Schienenunterkante in Fahrtrichtung.



Bild 1 — Head Check

5.2.2 Belgrospi

Ein Netzwerk aus Rissen kann sich auf der Schiene bei Streckengeschwindigkeiten von über 160 km/h entwickeln, hervorgerufen durch Riffel (siehe Bild 2). Die Risse treten bei Riffeln mit einer Tiefe von 0,03 mm auf. Wenn sie nicht rechtzeitig entfernt werden, können sie größer werden und sich in Squats verwandeln (siehe 5.2.3).

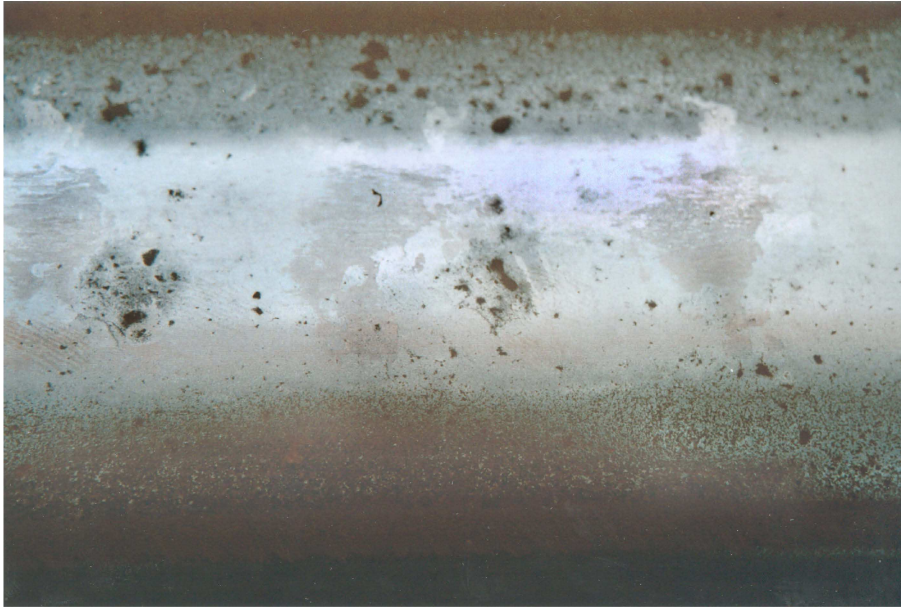


Bild 2 — Belgrospi

5.2.3 Squats

Squats (siehe Bild 3) sind Rollkontaktermüdungsfehler mit folgenden Hauptmerkmalen:

- ein schwärzlicher Fleck auf der Gleisoberfläche;
- eine Materialverschiebung in Querrichtung;
- ein kollabierter und verbreiterter Fahrspiegel.

Unter diesem Defekt wächst ein Netzwerk von Rissen ausgehend von zwei horizontalen Hauptrissen und kann zu einem schwerwiegenden und unerwarteten Versagen des Gleises führen. Dieses Netzwerk von Rissen macht es schwierig, den Defekt zu analysieren.

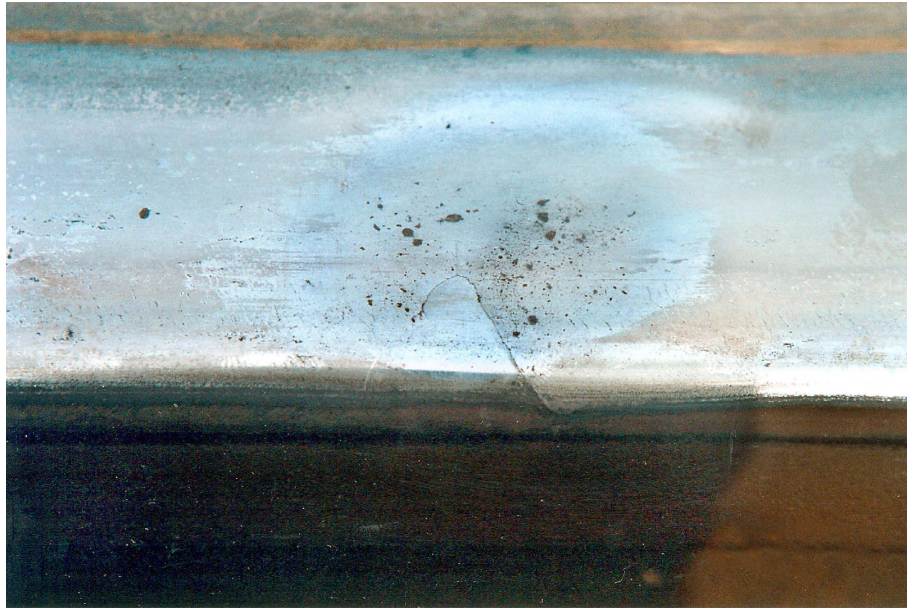


Bild 3 — Squat

5.2.4 Fahrkantenausbruch (engl. Flaking)

Beim Fahrkantenausbruch wird Metall aus dem Schienenkopf herausgelöst. Er zeigt sich durch kleine Absplitterungen und Hohlräume (siehe Bild 4). Es ist eine fortschreitende horizontale Abtrennung auf der Lauffläche der Schiene nahe der Fahrkante mit Abblättern oder Ablösen von kleinen Teilen. Fahrkantenausbruch sollte nicht mit Shelling verwechselt werden, weil der Fahrkantenausbruch nur auf der Lauffläche geschieht, nahe der Fahrkante des Gleises, und nicht so tief geht, wie Shelling.



Bild 4 — Fahrkantenausbruch

5.2.5 Abblätterung (engl. spalling)

Abblätterung (im englischen auch als „snake skin“ bekannt) erscheint als ein Netzwerk von Rissen auf dem Schienenkopf (siehe Bild 5), gewöhnlich auf der unteren Bogenschiene. Die Risse verlaufen parallel und sind durch Querrisse verbunden. Die Abblätterung kann zu Materialverlust oder Delamination des Gleises führen.



Bild 5 — Abblätterung

5.3 Querprofilverformung

5.3.1 Abgeflachtes Querprofil

Wenn das Querprofil nicht die richtige Form hat (siehe Bild 6), entstehen auf der Oberfläche, im Innern der Schiene und des Rades hohe Belastungen, die Verformungen der Schien in verschiedene Richtungen verursachen und plastischen Metallfluss (siehe 5.3.3) sowie andere Verformungen hervorrufen.



Bild 6 — Abgeflachtes Querprofil

5.3.2 Seitenverschleiß

Seitenverschleiß tritt auf der oberen Bogenschiene in Kurven mit kleinem Radius aufgrund des Kontakts von Radkränzen mit der Schiene auf (siehe Bild 7).



Bild 7 — Seitenverschleiß

5.3.3 Gratbildung

Gratbildung kann auf dem Schienenkopf auftreten, bei hohen Achslasten und hohen Bruttotonnenlasten, sodass sich Grate auf der Fahrkantenseite und der Feldseite des Schienenkopfes bilden (siehe Bild 8).



Bild 8 — Gratbildung

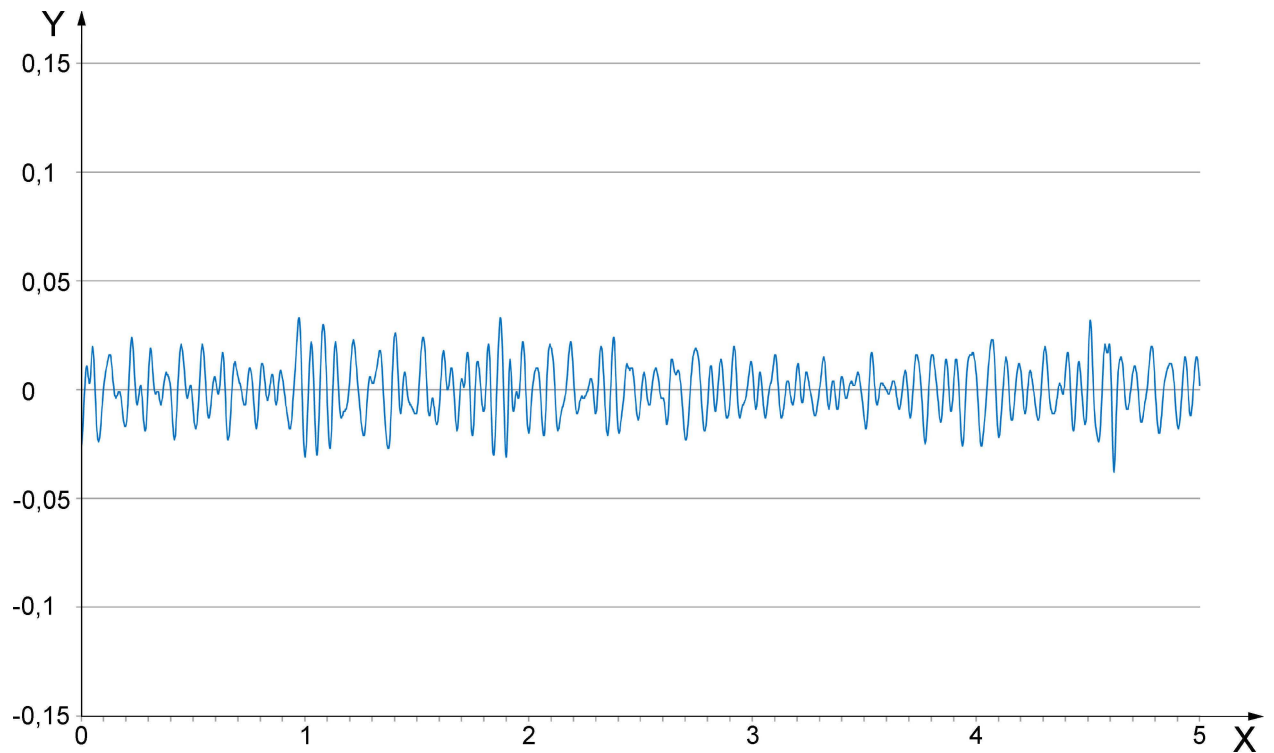
5.4 Periodische Defekte in Längsprofilen

5.4.1 Riffel

Riffel bestehen aus quasi-periodischen Unregelmäßigkeiten auf der Lauffläche (siehe Bild 9). Die Unregelmäßigkeiten erscheinen als Folge von hellen Erhöhungen und dunklen Vertiefungen. Die Wellenlänge schwankt im Allgemeinen zwischen 10 mm und 100 mm (siehe Bild 10). Die Riffelbildung findet man typischerweise auf gerader Strecke auf beiden Schienen und in Kurven mit großem Radius auf der oberen Bogenschiene (äußere Schiene).



Bild 9 — Riffel



Legende

x Länge in m
y Amplitude in mm

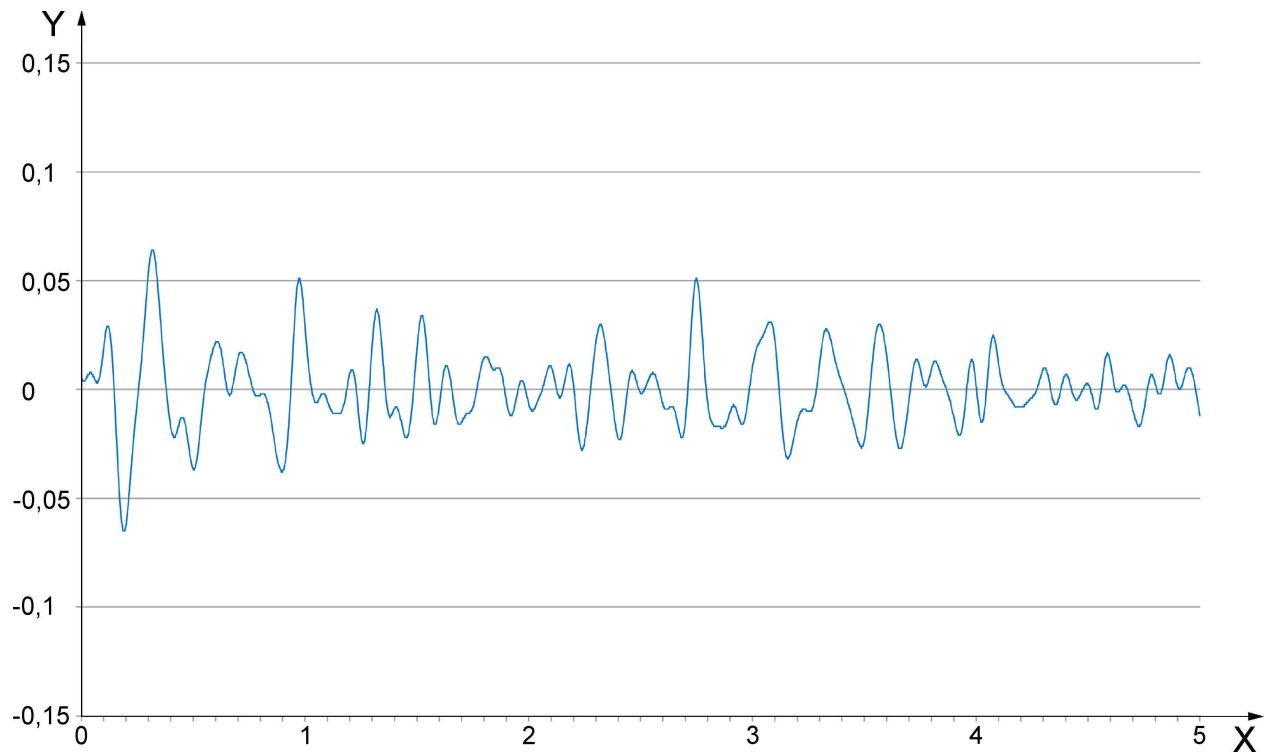
Bild 10 — Riffelbildung - Beispielgraphik

5.4.2 Schlupfwellen

Schlupfwellen bestehen in einer Serie von Vertiefungen auf der Lauffläche, die als eine Reihe von hellen Erhöhungen und Vertiefungen erscheinen (siehe Bild 11). Die Wellenlänge kann von 30 mm bis 300 mm variieren (siehe Bild 12). Schlupfwellen finden sich typischerweise in Kurven auf den unteren Bogenschienen.



Bild 11 — Schlupfwellen



Legende

x Länge in m

y Amplitude in mm

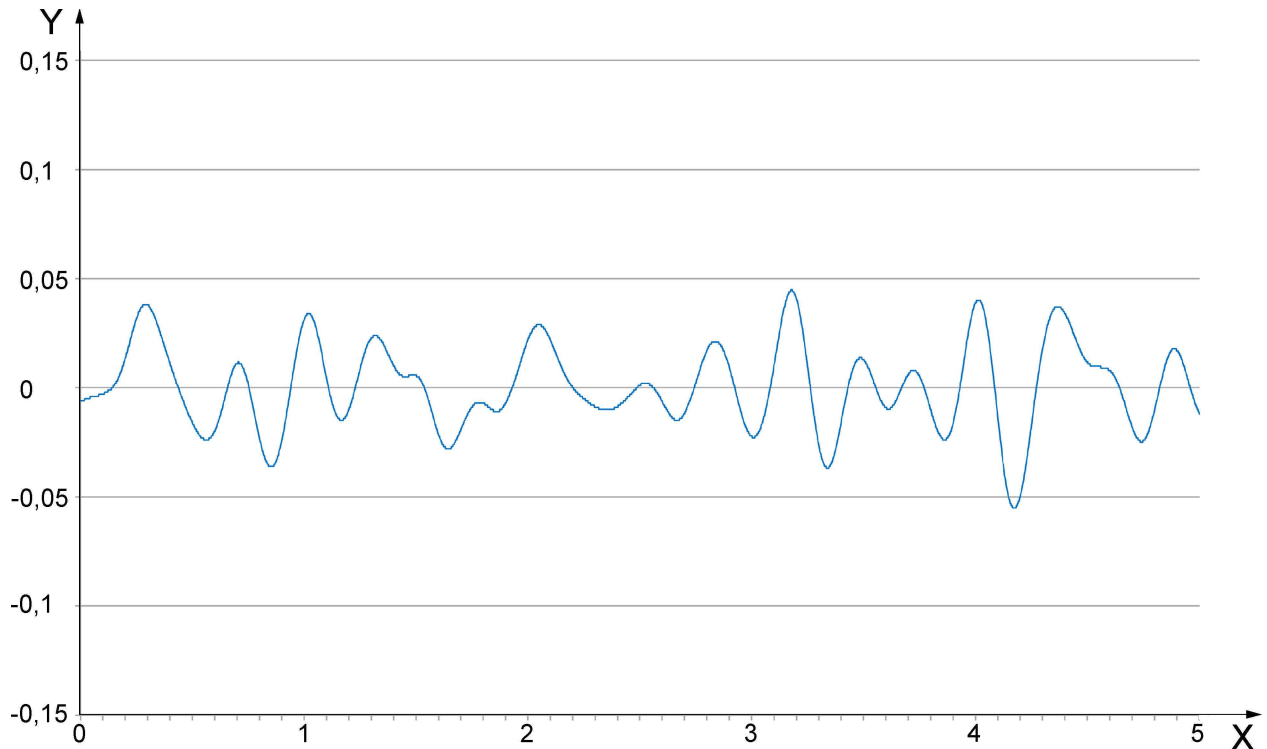
Bild 12 — Schlupfwellen - Beispielgraphik

5.4.3 Langwellige Fehler

Langwellige Fehler sind charakterisiert durch unregelmäßige Unebenheit auf der Lauffläche (siehe Bild 13). Die Erhöhungen und Vertiefungen sehen gleichermaßen hell aus. Die Wellenlänge schwankt zwischen 300 mm und 1 000 mm (siehe Bild 14). Die langwelligen Fehler können auf allen Streckenabschnitten auftreten.



Bild 13 — Langwellige Fehler



Legende

x Länge in m
y Amplitude in mm

Bild 14 — Langwellige Fehler - Beispielgraphik

5.5 Oberflächenbeschädigung

5.5.1 Allgemeines

Einzelne Oberflächendefekte können sich zu bedeutenden Oberflächenschäden entwickeln. Oberflächenschäden können in Clustern vorkommen (z. B. Schleuderstellen in der Nähe von Signalen); oder sie können sich über einen ganzen Abschnitt der Strecke ausbreiten (z. B. Abdrücke von Schottersteinen). Wenn die Defekte isoliert sind und/oder von beträchtlicher Größe sind, dürfte es unwirtschaftlich sein, sie durch maschinelle Reprofilierung zu korrigieren.

5.5.2 Eindrückungen

Eine Eindrückung ist eine Beschädigung, die von einem kleinen Gegenstand herrührt, der vom Rad in die Schiene gedrückt wurde (siehe Bild 15). Kleine Abdrücke können sich in größere Defekte verwandeln, wenn sie nicht entfernt werden.

Auf Hochgeschwindigkeitsstrecken kann Schotter aufgewirbelt und von den Rädern in die Schiene gedrückt werden. Die Eindrückungen in der Gleisoberfläche können bis zu 0,5 mm tief sein.



Bild 15 — Eindrückungen

5.5.3 Schleuderstellen

Schleuderstellen (siehe Bild 16) kommen in Zonen vor, wo Züge anfahren, z. B. bei Signalen. Sie können in Clustern vorkommen.



Bild 16 — Schleuderstelle

6 Reprofilierungsverfahren

6.1 Inspektion

Streckeninstandhaltungspolitik setzt Wissen über die Streckensituation voraus, deshalb ist regelmäßige Inspektion erforderlich. Eine Inspektion liefert Informationen über das Querprofil, das Längsprofil und Gleisoberflächendefekte. Die Inspektion kann durch die Integration von Maschinen, durch manuell betriebene Geräte und durch visuelles Beobachten vorgenommen werden.

6.2 Eingriffsschwellen

6.2.1 Längsprofil

Die Messung der Größe der Welligkeit (Amplitude und Wellenlänge) erlaubt eine genauere Identifizierung der Streckensegmente, die eine Reprofilierung benötigen und eine effektivere Planung der notwendigen Eingriffe und der Anforderungen für den Streckenzugang.

Die Eingriffsschwelle sollte gemäß Tabelle 1 und 2 festgelegt werden. Jenseits dieser Werte steigt der Geräuschpegel mit zunehmender Wellentiefe, und dynamische Kräfte sowie Gleisvibrationen beginnen, die Struktur des Schotters zu schädigen. Einige spezifische Defekte (z. B. Belgrospi) erfordern eine niedrigere Eingriffsschwelle von 0,03 mm.

Die Eingriffswerte für Schlupfwellen in Kurven mit kleinem Radius werden von manchen IM zwischen 0,1 mm und 0,3 mm gewählt, je nach Ausmaß der Streckenverschlechterung.

Unten angegebene Eingriffsschwellen reflektieren die gängige Praxis, die in europäischen Eisenbahnnetzen aus ökonomischen Gründen üblich ist. Die Werte sind nicht verpflichtend, weil das Längsprofil normalerweise nicht als sicherheitsrelevant betrachtet wird.

Tabelle 1 — Schwellen für das Längsprofil (Spitze-Tal-Wert)

Strecken- geschwindigkeit km/h	Art des Defekts	Wellenlänge	Schwelle für die Planung	Schwelle für die Ausführung
		Bereich mm	Tiefe mm	Tiefe mm
$v \leq 80$	Riffel	10 bis 100	0,10	0,20
$80 < v \leq 120$			0,07	0,15
$120 < v \leq 160$			0,05	0,10
$v > 160$			0,02	0,04
$v \leq 80$	kurzwellige Fehler	30 bis 100	0,20	0,30
$v > 80$			0,10	0,20
$v > 160$	langwellige Fehler	300 bis 1 000	0,40	0,50

6.2.2 Querprofil

Das Querprofil ist im Allgemeinen kein Kriterium für die Programmierung von Schienenreprofilierungsarbeiten. Trotzdem spielt es eine wichtige Rolle für die Entwicklung von Gleisoberflächendefekten wie Wellenbildung und Rollkontaktermüdung aufgrund des Rad-Schiene-Kontaktes. Die empfohlenen Schwellen für Planung und Ausführung finden sich in Tabelle 2.

Tabelle 2 — Schwellen für Querprofil, nur gültig für Radien > 5 000 m und gerade Strecke

Streckengeschwindigkeit km/h	Maximale radiale Abweichung vom Zielprofil (Mittelwert über 100 m)	
	Schwelle für die Planung mm	Schwelle für die Ausführung mm
$v \leq 120$	Keine Anforderung	
$120 < v \leq 160$	+ 0,7	+ 1,3
$v > 160$	+ 0,5	+ 0,7

6.2.3 Rollkontaktermüdung (RCF)

6.2.3.1 Einleitung

Zusätzlich zum Materialverschleiß wird die Nutzungsdauer von Schienen oft durch die Rollkontaktermüdung begrenzt. RCF, der am stärksten verbreitete Schädigungsmechanismus, ist eine Form von Schienenbeschädigung, die durch die komplexen Belastungen entsteht, die für den Rad-Schiene-Kontakt charakteristisch sind. RCF, ob nun aufgetreten als Head Check (siehe Bild 1), Belgrospi (siehe Bild 2), Squat (siehe Bild 3), Fahrkantenausbruch (siehe Bild 4) oder Abblätterung (siehe Bild 5), ist ein zunehmend verbreitetes Schadensphänomen auf europäischen Strecken. Trotz der Verwendung von Schienenstählen mit verstärkter Resistenz gegen Verschleiß und RCF wird eine Reprofilierungsstrategie notwendig sein.

6.2.3.2 Allgemeine Strategie

RCF kann beherrscht werden, wenn die Form des Schienenkopfprofils zu den vorherrschenden Radprofilen passt und wenn die ermüdete Schienenoberfläche regelmäßig und in angemessenen Intervallen entfernt wird. Eine Reprofilierung sollte immer so schnell wie möglich nach einer Gleiserneuerung durchgeführt werden, um die Bedingungen der Schienenoberfläche zu optimieren (Entfernung der randentkohlten Schicht, Entfernung von Schäden aus dem Baubetrieb, Geradheit an Schweißstellen usw.) und das Zielprofil (radangepasste oder AHC-Profile).

Um eine lange Nutzungsdauer der Schiene und damit zugleich geringe Lebenszykluskosten (engl.: Life Cycle Costs (LCC)) zu sichern, müssen fortlaufend Reprofilierungsarbeiten geplant werden, vom Datum der Gleisverlegung an oder nach einem korrigierenden Reprofilierungseingriff, der die eingesetzten Stahl-Varianten berücksichtigt. Der Einsatz von stärker wärmebehandelten Schienenwerkstoffen kann das Intervall zwischen Reprofilierungszyklen aufgrund verringerter Abnutzungsraten beeinflussen.

6.2.3.3 Spezielle Reprofilierungsstrategie

Fortlaufende Reprofilierungszyklen hängen ebenfalls von wichtigen anderen Parametern ab, wie vorhandenen Reprofilierungskapazitäten (z. B. maximale/minimale Metallabtragsquoten, Abschnittslängen) und verfügbaren Arbeitsintervallen (Verfügungszeiten, Streckenreprofilierungskapazitäten usw.).

Diese Parameter müssen in die Entwicklung einer optimierten Reprofilierungsstrategie einbezogen werden. Kürzere Reprofilierungsintervalle führen im Allgemeinen zu geringeren Anforderungen für den Metallabtrag. Außerdem ist in solchen kurzen Zeiträumen die Entwicklung von RCF und Unregelmäßigkeiten wie Wellenbildung und die daraus folgende Schienenabnutzung begrenzt.

Die optimale Strategie für die Kontrolle von RCF ist die präventive zyklische Reprofilierung mit geringen Metallabtrag, sowie moderater Querprofilveränderung. Vorausgesetzt, das Intervall zwischen Reprofilierungszyklen passt zum anfänglichen und fortgesetzten Wachstum von Rissen, so kann die Metallentfernung auf eine Bearbeitung in einer Überfahrt ausgerichtet werden, was aus betrieblicher Sicht die beste Option darstellt.

Um RCF-empfindliche Abschnitte wirtschaftlich instand zu halten, darf ein gewisses Beschädigungsniveau akzeptiert werden (als Eingriffsschwelle oder als verbleibende Tiefe nach einer Behandlung). Allerdings muss dieses Niveau niedrig genug gehalten werden, sodass man es in kurzer Zeit beseitigen und ökonomische und Sicherheitsrisiken minimieren kann.

Das Reprofilierungsintervall und der entsprechende durchschnittliche Metallabtrag sollten von realen HC-Messungen abhängen, die während der Reprofilierung erneut geprüft werden müssen. Eine solche Politik optimiert den Umfang künstlichen Verschleißes durch die Reprofilierung und verlängert die Lebensdauer der Schienen.

6.2.3.4 Von der korrigierenden zur präventiven Reprofilierung übergehen

Der Übergang zu einer präventiven Reprofilierungsstrategie erfordert, dass ein gegebener Abschnitt, eine Strecke oder ein Netz mit korrigierender Reprofilierung so behandelt wird, dass es mit der präventiven Strategie vereinbar ist, d. h. das Profil bewegt sich innerhalb der vorgegebenen Toleranz und die Risstiefen liegen unterhalb der definierten Schwelle. Das impliziert eine bedeutende anfängliche Investition in die Instandhaltung, gefolgt von wirtschaftlich günstigen zyklischen Maßnahmen.

Um von einer korrigierenden Instandhaltung zu einer präventiv-zyklischen überzugehen, sind folgende Schritte erforderlich:

- a) Messung und Dokumentation des Grades von RCF;
- b) Klassifizierung der Streckenabschnitte in folgende Kategorien:
 - 1) Präventive zyklische Reprofilierung ist hinreichend;
 - 2) Korrigierende Reprofilierung ist erforderlich;
 - 3) Schienenerneuerung erforderlich (wo Metallentfernung bis zum gewünschten Profil und Rissfreiheit keine pragmatische Option darstellen);
- c) Priorisierung von erforderlichen korrigierenden Aktionen:
 - 1) Korrektur auf null (präventiver Modus) in einem Schritt (bevorzugtes Szenario);
 - 2) Korrektur auf null (präventiver Modus) in mehreren Schritten (bei Begrenztheit des Budgets oder der Reprofilierungskapazitäten);
- d) Alle existierenden und korrigierten Abschnitte müssen in einem präventiven zyklischen Modus bleiben;
- e) Priorisierung präventiv-zyklischer Arbeit gegenüber korrigierenden Aktionen.