

LO 2025 P4.2

Systemführerschaft Interaktion Fahrzeug/Fahrweg Meterspur
Projekt: 4 Fahrbahnsteifigkeit
Modul: Schadenskatalog

Schadenskatalog Fahrbahn



ID:	RAILPlusSF-00062	LO in BAV Detailziel
Datum / Status:	27.11.2025 / Freigegeben	Seitenanzahl 92
Öffentlichkeitsgrad	RAILplus-Mitglieder (Partner Bahnen)	
Verfasser:	Albin Gehriger Appenzeller Bahnen	
Mitwirkende:	Fabienne Tresch / MGBahn	
Geprüft:	Hanspeter Schläpfer / Zentralbahn	
Freigegeben:	Martin Siegen / MGBahn	

Zitierweise: Gehriger Albin, RAILplus / AB: *Schadenskatalog Fahrbahn*. Technischer Bericht, RAILPlusSF-00062, 27.11.2025

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Verantwortlich	Beschreibung
0.1	31.10.2025	A. Gehriger	Erster Entwurf
0.2	10.11.2025	A. Gehriger	Bereinigter Entwurf.
0.3	20.11.2025	H. Schläpfer	Geprüft
0.4	25.11.2025	A. Gehriger	Bericht redigiert und finalisiert.
1.0	27.11.2025	M. Siegen	Schlussbereinigung und Freigabe durch Projektleiter

Freigabe durch die Systemführerschaft

Version	Datum	Verantwortlich
1.0	02.12.2025	Technical Board
1.0	11.12.2025	Management Board

Management Summary

Ausgangslage

Im Bereich der Meterspurbahnen fehlte bislang ein systematisch strukturierter und komponentenbezogener Schadenskatalog für die Fahrbahn. Bestehende interne Dokumentationen der Bahnbetreiber sind uneinheitlich, unterschiedlich detailliert und erschweren den überbetrieblichen Austausch sowie die Integration in digitale Anlagemanagementsysteme. Ziel des vorliegenden Dokuments ist die Schaffung einer standardisierten Grundlage zur Erfassung, Klassifikation und Bewertung von Fahrbahnschäden, die sowohl operativ als auch strategisch nutzbar ist. Der Katalog wurde im Rahmen der Systemführerschaft „Interaktion Fahrzeug/Fahrweg Meterspur“ entwickelt und richtet sich an Fachpersonen wie Streckeninspektoren, Fahrbahnspezialisten und Anlagenmanager.

Hauptergebnisse und Fazit

Der Schadenskatalog umfasst nahezu alle relevanten Fahrbahnkomponenten - von Gleisgeometrie über Schienen, Weichen, Schwellen, Schotterbett bis hin zu Banketten und Unterbau. Allfällige fehlende Schadensbilder sind laufend zu ergänzen. Die Schäden sind nach Komponenten und Schadenskategorien gegliedert und mit eindeutigen Fehlercodes versehen, was eine konsistente Zuordnung und digitale Verarbeitung ermöglicht. Für jede Schadensart werden Merkmale, Ursachen, Feststellungsverfahren, Auswirkungen sowie korrektive und präventive Massnahmen beschrieben. Die Einbindung von Normverweisen (z. B. R RTE, EN-Normen), Bildern und Kommentaren aus der Praxis erhöht die Anwendbarkeit und Verständlichkeit.

Der Abschnitt „Bahnspezifische Schadensbilder“ ist für Ergänzungen vorgesehen, deren Erarbeitung und Finanzierung nicht im Projektumfang der Systemführerschaft Interaktion enthalten sind. Die Verantwortung für die inhaltliche Ausgestaltung liegt bei den jeweiligen Bahnen.

Besonders hervorzuheben ist:

- Die klare Abgrenzung zu nicht-interaktionsrelevanten Schäden (z. B. Kunstbauten, Sicherungsanlagen).
- Die Möglichkeit zur bahnspezifischen Erweiterung.
- Die Integration in digitale Systeme zur Zustandsbewertung und Massnahmenplanung.
- Die Berücksichtigung von Besonderheiten der Meterspur, z. B. bei Schlupfwellen oder Zwischenlagenverschleiss.

Empfehlungen

- Regelmässige Aktualisierung des Katalogs durch Rückmeldungen aus der Praxis und neue Erkenntnisse aus Forschung und Betrieb.
- Priorisierte Einbindung in digitale Anlagemanagementsysteme, um eine vergleichbare Zustandsbewertung zu ermöglichen.
- Ergänzung nicht ausgearbeiteter Abschnitte (z. B. Allgemeine Fehler, Dilatationsvorrichtungen) durch die Systemführerschaft oder Meterspurzentren.
- Festlegung und Vereinheitlichung von Grenzwerten für die Meterspur im Rahmen der Systemführerschaft.

Inhalt

1	Einleitung	7
1.1	Über die Systemführerschaft.....	7
1.2	Problemstellung	7
1.3	Vorhandene Literatur.....	7
1.4	Aufgabenstellung	8
1.5	Abgrenzung.....	8
2	Schadenskatalog	9
2.1	Fahrbahn - Geometrie / Gleislage / Gleislagequalität [Fehlercode G-10x]	10
2.1.1	<i>Gleisverwerfung und Gleisverdrückung [Fehlercode G-101]</i>	11
2.1.2	<i>Instandsetzungsschwelle (ISS) Gleisgeometrie [Fehlercode G-102]</i>	12
2.1.3	<i>Instandsetzungsschwelle (ISS) Schienenabnutzungen [Fehlercode G-103]</i>	14
2.1.4	<i>Allgemeiner Fehler der Geometrie / Gleislage / Gleislagequalität [Fehlercode G-199]</i>	16
2.2	Fahrbahn - Schienen [Fehlercode S-XXXX]	17
2.2.1	<i>Abblätterung «Flaking» und Ausbrüche «Spalling» auf der Fahrfläche [Fehlercode S-1211 / S-2211]</i>	20
2.2.2	<i>Fahrkantenausbruch «Shelling» [Fehlercode S-1221 / S-2221]</i>	22
2.2.3	<i>«Head Check» [Fehlercode S-1223 / S-2223]</i>	23
2.2.4	<i>Plastische Verformung (Überwalzung-Quetschung-Gratbildung) [Fehlercode S-123 / S-223]</i>	24
2.2.5	<i>Isolierte / Einzelne Schleuderstelle [Fehlercode S-125 / S-2251]; Mehrere Schleuderstelle [Fehlercode S-2252]</i>	25
2.2.6	<i>«Squat», Rissbildung und lokale Absenkung der Fahrfläche [Fehlercode S-127 / S-227]</i>	27
2.2.7	<i>Riffel [Fehlercode S-2201]</i>	29
2.2.8	<i>Schlupfwellen [Fehlercode S-2202]</i>	30
2.2.9	<i>Einprägung (Eindrückung) / Quetschen [Fehlercode S-301]</i>	32
2.2.10	<i>Querriss [S-111 / S-211], Querriss in Schweissnähten [S-411 / S-421 / S-431]</i>	33
2.2.11	<i>Horizontaler Riss im Kopf [S-112 / S-212], im Steg oder im Steg von Schweissnähten</i>	35
2.2.12	<i>Vertikaler Riss in Längsrichtung des Kopfs [S-113 / S-213], im Steg oder des Fusses</i>	37
2.2.13	<i>Übermässiger seitlicher Verschleiss (Seitenverschleiss) [S-2203] und vertikaler Verschleiss [S-2204]</i>	38
2.2.14	<i>Thermische Risse [Fehlercode S-XXXX]</i>	39
2.2.15	<i>Allgemeiner Fehler [Fehlercode S-XXXX]</i>	39
2.3	Fahrbahn - Weichen [Fehlercode W-XXX].....	40
2.3.1	<i>Zuordnung nach Schienenfehlercode [S-XXXX]</i>	41
2.3.2	<i>Schädigung an der Zungenpartie (Stockschiene / Zungenschiene) [Fehlercode W-1xx]</i>	42
2.3.3	<i>Schädigung an der Zwischenschienenpartie [Fehlercode W-2xx]</i>	48
2.3.4	<i>Schädigung an der Kreuzungspartie (Flügelschienen, Herzstück, Radlenker) [Fehlercode W-3xx]</i>	49
2.3.5	<i>Schädigung an der Anschlusspartie (Übergangs- und Fahrschienen) [Fehlercode W-4xx]</i> ...	54
2.3.6	<i>Allgemeine Fehler an Weichen [Fehlercode W-5xx]</i>	55
2.4	Fahrbahn - Dilatationsvorrichtung [Fehlercode D-xxx].....	60
2.4.1	<i>Schädigung an Mittelschwellen mit U-Profilisen [Fehlercode D-1xx]</i>	60
2.4.2	<i>Schädigung an halber Dilatationsvorrichtung [Fehlercode D-2xx]</i>	61
2.5	Fahrbahn – Schienenstoss mit Lasche [Fehlercode ST-xxx]	62
2.5.1	<i>Schädigung an Lasche (Riss und Bruch) [Fehlercode ST-110]</i>	63

2.5.2	<i>Schädigung an Bolzen [Fehlercode ST-120]</i>	64
2.5.3	<i>Schädigung an Isolierung am Schienenstoss isoliert mit Lasche [Fehlercode ST-130]</i>	65
2.5.4	<i>Stosslücke am Schienenstoss nicht isoliert mit Lasche [Fehlercode ST-140]</i>	66
2.5.5	<i>Allgemeine Fehler am Schienenstoss mit Lasche [Fehlercode ST-199]</i>	67
2.6	Fahrbahn - Schwellen und Schienenbefestigung [Fehlercode XX-xxx]	68
2.6.1	<i>Riss und Bruch in Schwelle [Fehlercode SW-110]</i>	69
2.6.2	<i>Korrosion von Stahlschwellen [Fehlercode SW-120]</i>	70
2.6.3	<i>Alterung / Fäulnis von Holzschwellen [Fehlercode SW-130]</i>	71
2.6.4	<i>Allgemeiner Fehler an den Schwellen oder Schienenbefestigung [Fehlercode SW-199]</i>	72
2.6.5	<i>Spezifische Schäden an Zwischenlagen [Fehlercode ZW-110]</i>	73
2.6.6	<i>Spezifische Schäden an Rippenplatten [Fehlercode RP-110]</i>	74
2.6.7	<i>Spezifische Schäden an Befestigungen [Fehlercode BF-110]</i>	75
2.6.8	<i>Spezifische Schäden an Winkelführungsplatten [Fehlercode WFP-110]</i>	76
2.7	Fahrbahn – Brücke beim schotterlosen Oberbau [Fehlercode SLO-xxx]	77
2.7.1	<i>Schädigung an Schienenbefestigung [Fehlercode SLO-110]</i>	77
2.7.2	<i>Schädigung an Fangschienen [Fehlercode SLO-120]</i>	77
2.7.3	<i>Schädigung an Füllschwellen [Fehlercode SLO-130]</i>	77
2.7.4	<i>Schädigung an Fahrbahnbefestigung auf Brücke [Fehlercode SLO-140]</i>	77
2.7.5	<i>Allgemeiner Fehler an der Fahrbahn bei Brücken mit Schotterlosen Oberbau [Fehlercode SLO-199]</i>	77
2.8	Fahrbahn – Schotterbett [Fehlercode SB-xxx]	78
2.8.1	<i>Schlammaufstösse (mud pumping) [Fehlercode SB-110]</i>	79
2.8.2	<i>Schotterverschleiss / Schotterermüdung [Fehlercode SB-120]</i>	80
2.8.3	<i>Verschmutzung Schotterbett [Fehlercode SB-130]</i>	81
2.8.4	<i>Schotterprofil [Fehlercode SB-140]</i>	82
2.8.5	<i>Allgemeiner Fehler am Schotterbett der Fahrbahn [Fehlercode SB-199]</i>	83
2.9	Fahrbahn – Unterbau [Fehlercode UB-xxx]	84
2.9.1	<i>Entwässerung (Fahrbahn – Unterbau) [Fehlercode UB-110]</i>	85
2.9.1	<i>Allgemeiner Fehler an der Fahrbahn – Unterbau [Fehlercode UB-199]</i>	85
2.10	Fahrbahn – Bankett [Fehlercode BK-xxx]	86
2.10.1	<i>Bankett (Fahrbahn – Bankett) [Fehlercode BK-110]</i>	87
2.10.2	<i>Allgemeiner Fehler Bankett (Fahrbahn – Bankett) [Fehlercode BK-199]</i>	88
3	Schadenskatalog Bahnspezifisch	89
4	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	90
4.1	Schlussfolgerungen.....	90
4.2	Empfehlungen	90
5	Ausblick	91
6	Verzeichnisse	92
6.1	Referenzen	92
6.2	Abbildungen	92
6.3	Tabellen	92

Abkürzungsverzeichnis

Abk.	Abkürzung
AB-EBV	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung
EBV	Eisenbahnverordnung
hZV	Halbe Zungenvorrichtung
ISS	Instandsetzungsschwelle
LVG	Lückenlos verschweisstes Gleis
MB	Management Board
RTE	Regelwerk Technik Eisenbahn
SFI	Systemführerschaft Interaktion Fahrzeug/Fahrweg Meterspur
SKK	Schienenkopfkonditionierung
SKS	Spurkranzschmierung
TB	Technical Board
UT	Ultraschallprüfung
VöV	Verband öffentlicher Verkehr

Glossar

Wort	Beschreibung
Neutralisation	Spannungsfreisetzung im Gleis zur Vermeidung von Gleisverwerfungen vor dem Verschweissen der Schienen
Rippenplatte	Befestigungselement zur Fixierung der Schiene auf der Schwelle
Rollkontaktermüdung	Materialermüdung durch wiederholte mechanische oder thermomechanische Beanspruchung im Rad-Schiene-Kontakt, die zu Risswachstum führt.
Schwellenbesohlung	Elastische Schicht unter Schwellen zur Dämpfung und Lastverteilung
Winkelführungsplatte	Führungselement zur Spurhaltung der Schiene
Zwischenlage	Element zwischen Schiene und Schwelle zur Dämpfung und Kraftübertragung

1 Einleitung

1.1 Über die Systemführerschaft

Die Interaktion zwischen Fahrzeug und Fahrweg stellt ein zentrales Element für die Betriebssicherheit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit von Meterspurbahnen dar. In den vergangenen Jahren haben sich in diesem Bereich zunehmend Probleme manifestiert – insbesondere übermäßiger Verschleiss an Rad und Schiene, erhöhte Lärmemissionen sowie Einschränkungen in der Fahrzeugverfügbarkeit. Diese Herausforderungen führen zu steigenden Instandhaltungskosten und beeinträchtigen die Effizienz des Gesamtsystems.

Um diesen komplexen technischen und betrieblichen Fragestellungen systematisch zu begegnen, hat das Bundesamt für Verkehr (BAV) die RAILplus AG mit der temporären Systemführerschaft „Interaktion Fahrzeug/Fahrweg Meterspur“ beauftragt. Ziel dieser branchenweiten Initiative ist es, zwischen 2022 und 2027 ein koordiniertes Vorgehen zu entwickeln, das durch gezielten Wissensaufbau, technische Massnahmen und praxisnahe Empfehlungen die Grundlage für eine nachhaltige Optimierung der Fahrzeug-Fahrweg-Schnittstelle schafft.

Im Rahmen der Systemführerschaft werden bestehende Wissenslücken analysiert, Fachwissen gebündelt und neue Kompetenzen aufgebaut – unter anderem durch Schulungsangebote und digitale Lernformate. Die erarbeiteten Erkenntnisse fließen beispielsweise in die Regelwerke Technik Eisenbahn (RTE) des Verbands öffentlicher Verkehr (VöV) ein und stehen allen Meterspurbahnen sowie weiteren Interessierten öffentlich zur Verfügung.

Die neu geschaffenen Meterspurzentren bilden die Nachfolgelösung für die temporäre Systemführerschaft Interaktion, die noch bis 2027 läuft.

Die Meterspurzentren sichern das in der Systemführerschaft erarbeitete Wissen, übertragen es in die betriebliche Praxis der Bahnen und stehen diesen beratend und unterstützend zur Seite. Zudem fördern die Zentren den Austausch innerhalb der Branche, sichern den Wissenstransfer und gewährleisten die kontinuierliche Weiterentwicklung des Wissens.

1.2 Problemstellung

Im Bereich der Meterspurbahnen fehlt bislang ein übergreifend abgestimmter Schadenskatalog für die Fahrbahn. Zwar existieren bei einigen Bahnbetreibern interne Kataloge, diese unterscheiden sich jedoch erheblich in Struktur, Umfang und Detaillierungsgrad und weisen insgesamt deutliches Optimierungspotenzial auf. Die uneinheitliche Dokumentation erschwert den systematischen Austausch von Erkenntnissen und die überbetriebliche Zusammenarbeit. RAILplus wurde wiederholt auf den Bedarf einer standardisierten Lösung hingewiesen, insbesondere im Hinblick auf die bevorstehende Einführung von Anlagemanagementsystemen. Ein konsistenter Schadenskatalog ist daher ein zentrales Element zur Sicherstellung eines effizienten, vergleichbaren und digital abbildbaren Infrastrukturmanagements.

Ein konkretes Beispiel zeigt die Relevanz einer einheitlichen Schadensdefinition: Die Umfrage im Rahmen des Grundlagenscannings [1] hat ergeben, dass viele Bahnen den Unterschied zwischen Schlupfwellen [S-2202] und Riffeln [S-2201] nicht korrekt erkennen. Riffel treten bei der Meterspur im Gegensatz zu Schlupfwellen eher selten auf. Dennoch wurden in der Vergangenheit Schlupfwellen häufig fälschlich als Riffel bezeichnet. Dadurch ist heute nicht mehr nachvollziehbar, in wie vielen Fällen es sich um Schlupfwellen und wann es sich tatsächlich um Riffel gehandelt hat. Diese Fehlklassifikation erschwert die Interpretation, die Ursachenfindung und die Ableitung von Massnahmen. Zudem wurde festgestellt, dass bei der Übersetzung – insbesondere zwischen Deutsch und Französisch – Fehler auftreten. Die Verwendung des Fehlercodes ist daher essenziell, um eine korrekte und konsistente Übersetzung sicherzustellen.

1.3 Vorhandene Literatur

Für die Erfassung von Schienenfehlern existieren bereits etablierte Normen und Regelwerke, darunter die Norm SN EN 17397-1 [2] sowie das IRS-Merkblatt „Schienenfehler“ [3]. Ergänzend wurde durch RAILplus der „Schadenskatalog Interaktion – Kontaktflächen Rad und Schiene“ [4] entwickelt, welcher sich auf die Berührungszonen zwischen Rad und Schiene konzentriert.

Der vorliegende Katalog orientiert sich an bestehenden Normen, erweitert diese jedoch um praxisnahe Klassifikationen und visuelle Zuordnungen, die speziell auf die Anforderungen der Meterspurbahnen abgestimmt sind. Für weitere Fahrbahnkomponenten – wie Schwellen, Gleisbettung, Befestigungselemente oder Entwässerung – fehlt bislang eine vergleichbare systematische Grundlage. Der vorliegende Katalog schliesst diese Lücke und ergänzt bestehende Dokumente um eine umfassende Betrachtung des gesamten Fahrbahnaufbaus.

1.4 Aufgabenstellung

Ziel dieses Katalogs ist die standardisierte Erfassung und Klassifikation von Fahrbahnschädigungen bei Meterspurbahnen. Er dient als Werkzeug zur Ursachenanalyse, zur Ableitung technischer und organisatorischer Massnahmen sowie zur Unterstützung bei der Priorisierung von Instandhaltungsaktivitäten. Die Zielgruppen sind Streckeninspektoren, Fahrbahnspezialisten, Teamleiter Fahrbahn sowie Bahnmeister. Der komponentenbezogene Aufbau des Katalogs ermöglicht eine direkte Integration in Anlagemanagementsysteme und somit ein zeitgemässes Asset Management.

Der modulare Aufbau nach Komponenten erlaubt eine nahtlose Integration in digitale Anlagemanagementsysteme und unterstützt ein zeitgemässes Asset Management. Neben der operativen Anwendung dient der Katalog auch als Grundlage für strategische Investitionsentscheidungen und Zustandsprognosen.

1.5 Abgrenzung

Der vorliegende Katalog bildet die Grundlage für das strategische und operative Anlagenmanagement. Er umfasst die wichtigsten Schädigungen in folgenden Bereichen:

- Geometrie / Gleislage / Gleislagequalität
- Schienen
- Weichen
- Dilatationsvorrichtung
- Schienenstoss mit Lasche
- Schwellen und Fahrbahn und Schienenbefestigung
- Brücke beim schotterlosen Oberbau
- Schotterbett
- Unterbau
- Bankett

Nicht berücksichtigt werden Schäden, deren Ursachen ausserhalb des vom Projekt Fahrbahnsteifigkeit der SFI bearbeiteten Fachbereich liegen, wie z. B. Schädigungen an der festen Fahrbahn, Kunstbauten, Bahnübergänge, Zahnstangen, Zahnstangeneinfahren oder Sicherungsanlagen.

Die Abgrenzung erfolgt bewusst, um den Fokus auf die Fahrbahnkomponenten mit direkter Relevanz für die Interaktion Fahrzeug/Fahrweg zu legen. Am Ende des Dokuments ist ein Abschnitt vorgesehen, der bahnspezifische Ergänzungen ermöglicht und die Weiterentwicklung des Katalogs unterstützt.

2 Schadenskatalog

Der Schadenskatalog dient der systematischen Erfassung und Klassifikation von Fahrbahnschäden. Er ist sowohl komponenten- als auch schadensbezogen aufgebaut und verfolgt das Ziel, eine einheitliche, praxisnahe Grundlage für die Dokumentation, Analyse und Bewertung von Schäden zu schaffen – unabhängig vom jeweiligen Bahnbetreiber.

Die Struktur des Katalogs orientiert sich, soweit möglich, an bestehenden Standards wie dem Fachdatenkatalog der SBB sowie der Richtlinie R RTE 29900 (Netzzustandsbericht) [5]. Schäden sind in den jeweiligen Kapiteln nach Komponente (blaue Kacheln) und Schadenskategorie (grüne Kacheln) gegliedert. Diese in Abbildung 1 visualisierte Struktur ermöglicht eine konsistente und eindeutige Zuordnung.

Die Bedeutung einer präzisen Klassifikation zeigt sich exemplarisch am Schadenbild eines Squats im Zungenbereich einer Weiche. Eine klare Abgrenzung gegenüber ähnlichen Erscheinungen – etwa einer Fahrflächen-Abblätterung – ist essenziell, um die Ursache korrekt zu identifizieren. Für das Anlagenmanagement ist zudem entscheidend, dass der Schaden im Bereich der halben Zungenvorrichtung (hZV) lokalisiert wird, da dies unmittelbare Auswirkungen auf die Planung und Priorisierung von Instandhaltungsmassnahmen hat.

Der Katalog ist so aufgebaut, dass er sowohl für die operative Anwendung im Feld als auch für strategische Auswertungen im Rahmen des Asset Managements genutzt werden kann. Ergänzend zur standardisierten Struktur besteht die Möglichkeit, bahnspezifische Erweiterungen vorzunehmen, die im abschliessenden Abschnitt des Dokuments dokumentiert werden können.

Im vorliegenden Katalog bilden die als Allgemeiner Fehler bezeichneten Einträge eine Unterkategorie der spezifischen Fehler und dienen als Restkategorie. Sie umfassen insbesondere Schädigungen, die aus Sicht Fahrbahn schwer zuzuordnen sind oder die Beurteilung durch Fachspezialisten anderer Bereiche erfordern. Diese Fehler sind im Katalog nicht vorrangig priorisiert.

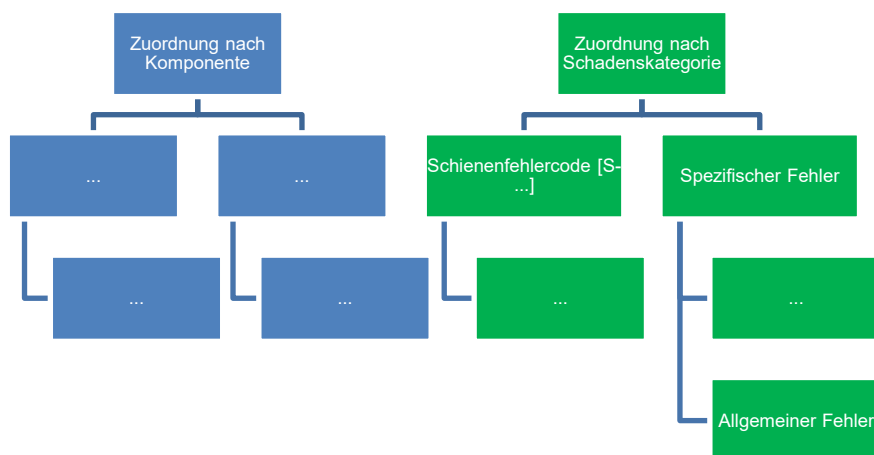


Abbildung 1: Allgemeine Struktur zur Zuordnung von Fahrbahnschäden

2.1 Fahrbahn - Geometrie / Gleislage / Gleislagequalität [Fehlercode G-10x]

Die Gleisgeometrie und Gleislagequalität bilden die Grundlage für einen sicheren, komfortablen und wirtschaftlichen (verschleissarmen) Bahnbetrieb. Schädigungen in diesem Bereich werden im Rahmen dieses Schadenkataloges der Komponente Fahrbahn (blaue Kacheln) und einer spezifischen Schadenskategorie (grüne Kacheln) zugewiesen (siehe Abbildung 2). Die Zuordnung zur Schadenskategorie nach der Fehlercodierung G-10x ermöglicht eine standardisierte Klassifikation und erleichtert die Integration in digitale Systeme zur Zustandsbewertung und Massnahmenplanung.

Die systematische Erfassung dieser Schäden ist essenziell für die Beurteilung der Gleisqualität, die Ableitung von Instandhaltungsstrategien und die langfristige Zustandsentwicklung im Rahmen des Anlagenmanagements.

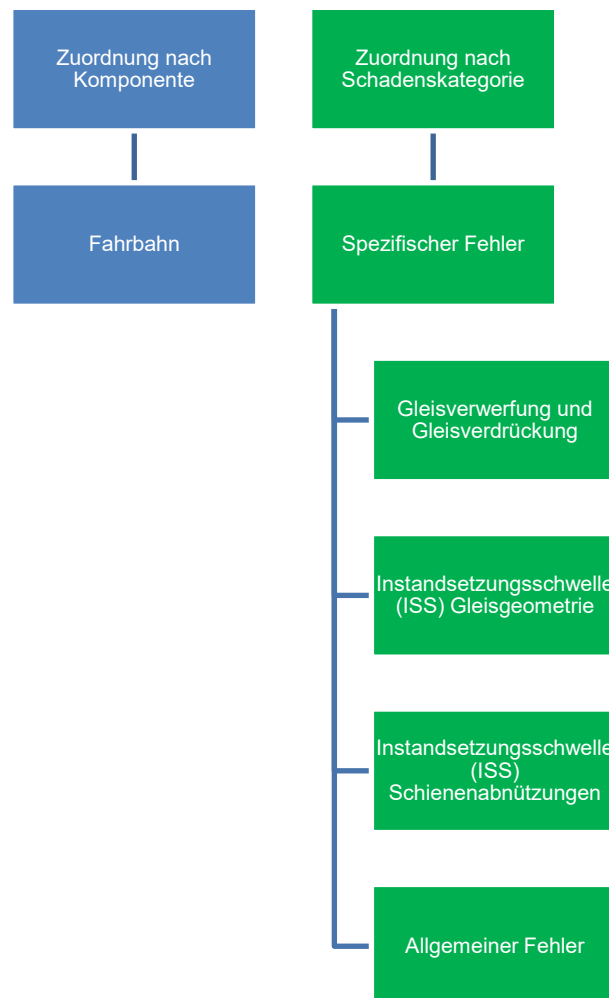





Abbildung 2: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Geometrie / Gleislage / Gleislagequalität

2.1.1 Gleisverwerfung und Gleisverdrückung [Fehlercode G-101]

Merkmal	Eine Gleisverwerfung oder Gleisverdrückung ist eine unerwartete Positionsänderung eines Gleises, die ohne Vorwarnung auftritt.	
Bildliche Darstellung [RhB]	<i>Gleisverwerfung</i> 	<i>Gleisverdrückung</i> 
Verortung	Bereiche mit hohem Risiko sind lückenlose Abschnitte mit kleinen Radien, starken Längsneigungen oder Neigungsunterschieden (Wannen) sowie Abschnitte mit unterschiedlichen Schienentemperaturen und Abschnitte mit Festpunkten.	
Unterscheidung	Gleisverwerfungen und Gleisverdrückungen lassen sich auch mittels Gleislageparametern beschreiben. Die Gleislageparameter Richtung, Überhöhung, Verwindung und Längshöhe sind gesamthaft zu betrachten (siehe Abschnitt 2.1.2).	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - schlechter Untergrund - schlechter Oberbau - schlechte Neutralisation - hohe Schienentemperaturen - ungenügender Schotterbettquerschnitt 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Vermessung manuell oder mit Messwagen - Rückmeldung aus dem Betrieb (Lokführer) 	
Empfehlung R RTE 22541 [6]	<div style="background-color: #ffe6e6; padding: 5px;"> <p>Gleisverwerfung (Querverschiebungen > 50 mm)</p> <p>Die Instandsetzung der Gleislage erfolgt gemäss RTE 22541 Ziff. 16.1 durch Massnahmen wie Aufschneiden der Schienen, Richten, Neutralisieren, Schweißen, Stopfen und Verdichten. Bei Querverschiebungen über ca. 50 mm ist der ausgeknickte Abschnitt herauszuschneiden und behelfsmässig durch einen verlaschten Abschnitt zu ersetzen. Der regelkonforme Bettungsquerschnitt ist wiederherzustellen, und der gesamte Abschnitt inkl. angrenzender, lückenlos verschweisster Abschnitte ist auf mindestens 100 m beidseits der Verwerfung neu zu neutralisieren.</p> </div> <div style="background-color: #ffffcc; padding: 5px;"> <p>Gleisverdrückung (Querverschiebungen ≤ 50 mm)</p> <p>Die Instandsetzung der Gleislage erfolgt gemäss RTE 22541 Ziff. 16.1 in der Regel mit lokal begrenzten Massnahmen wie Abkühlen der Schienen mit Wasser, Richten des Fehlers und gegebenenfalls lokalem Nachstopfen. Befahrbar Verdrückungen dürfen im Regelfall nur mit reduzierter Fahrgeschwindigkeit überfahren werden. Das beidseits des ausgeknickten Abschnitts anschliessende Gleis ist durch den Einbau von Schienenklemmen nach Anhang A3 von [6] zu sichern.</p> </div>	

2.1.2 Instandsetzungsschwelle (ISS) Gleisgeometrie [Fehlercode G-102]

Merkmal R RTE 22570 [7] D RTE 29700	<p>Die Gleislagequalität für Adhäsionsgleise wird entsprechend der R RTE 22570 mit den Parametern Spurweite, Richtung, Überhöhung, Verwindung und Längshöhe beschrieben.</p> <p>Beim Erreichen der Instandsetzungsschwelle (ISS) müssen die Bahnunternehmen eine Risikobeurteilung vornehmen und aufgrund ihrer bisherigen Erfahrungen, der Bahnart, dem Oberbaumaterialzustand, der Streckenführung, der Geschwindigkeiten, der Unterbauqualität und der Gleisbelastung bahnspezifische Massnahmen festlegen, welche den sicheren Bahnbetrieb weiter gewährleisten.</p> <p>Bei Zahnstangengleisen sind die Basismasse und die Grössen der zulässigen Einzeltoleranz-Felder bei jeder IBN in den durch die EBV vorgegebenen Grenzen in der Längs- und Querrichtung sowie in der vertikalen Richtung festzulegen. Siehe AB-EBV zu Art. 33.</p> <p>Zudem ist die Sammlung von Erfahrungen und Empfehlungen in der D RTE 29700«Systemtechnik Zahnradbahnen» zu beachten.</p>
Bildliche Darstellung [RhB]	<p style="text-align: center;"><i>Verwindung, unregelmässige Gleisenkung (Längshöhe)</i></p> 
Verortung	- keine
Unterscheidung	- keine
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Ungenügender Untergrund, Unterbau oder Oberbau - Unzureichende Neutralisation - Hohe Schienentemperaturen - Bettungsverschmutzung - Alterung des Schotters infolge Belastung
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Die zuverlässige Bewertung der Gleisgeometrie setzt den Einsatz geeigneter Messverfahren voraus. Einzelne Parameter – insbesondere Verwindung und Längshöhe – lassen sich ohne elektronische Hilfsmittel nur eingeschränkt erfassen. - Die regelmässige Durchführung von Messfahrten – wie sie im Normalspurbereich dem Stand der Technik entspricht – wird auch für die Meterspur empfohlen. Sie ermöglichen eine systematische, objektive und reproduzierbare Erfassung der Gleislagequalität und bilden damit die Grundlage für eine vorausschauende Instandhaltung sowie eine belastbare Zustandsprognose.

Empfehlung
 R RTE 22570 [7]

Korrektur der Gleislage vor Erreichen der ISS gemäss R RTE 22570 oder Umsetzung bahnspezifischer Massnahmen bei Erreichen der ISS: z.B. Geschwindigkeitsreduktion

6.4.2 Instandsetzungsschwelle (ISS) Gleisgeometrie
6.4.2.1 Adhäsionsgleise

Messwerte		Höchstgeschwindigkeiten [km/h]		
		V ≤ 40	40 < V ≤ 80	80 < V ≤ 120
Spurweite (Gleise) ¹⁾ [mm]	max. Abweichung vom Vorgabewert (Soll-Spurweite)	+ 25 - 2 Spurweite jedoch: ≥ 997 und ≤ 1025		
Richtung ²⁾ [mm]	Bandbreite bei Sehnenlänge 10 m	12	10	8
Überhöhung [mm]	max. Abweichung vom Vorgabewert	± 10		
Verwindung ³⁾ [‰] (Basis 3 m)	Maximalwert	3.5‰		3.0‰
Längshöhe ²⁾ [mm]	Bandbreite bei Sehnenlänge 10 m	14	12	10

¹⁾ Bei Radreifenbreiten < 110 mm: Regelung durch die ISB in ihrem Anhang B

Messbegriff: vgl. Ziffer 3.2.2

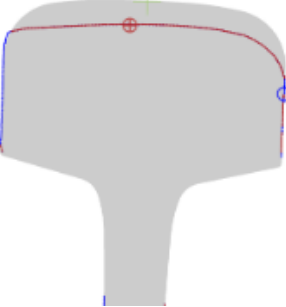
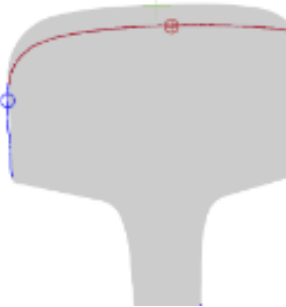
Vor / nach den Weichen ist der Toleranz-Sprung (und ev. Wechsel der Soll-Spurweite) zu beachten (strengere SES-Weichenwerte gemäss R RTE 22566).

²⁾ Nur mit elektronischen Messmitteln und auf genügend langen Kontrollabschnitten für die statistische Auswertung anwendbar. Ohne diese Einsatzvoraussetzungen können diese Parameter nur örtlich visuell kontrolliert werden. Enthalten Richtungskurven Engstellen, ist der Radius ab einer Sehne zu berechnen und mit den entsprechenden Parametern der vorliegenden Geschwindigkeit zu überprüfen.

³⁾ Bei Rollbockbetrieb beträgt der Maximalwert 2.5‰.

Vorstehende Messwerte gelten im belasteten und unbelasteten Gleis.

2.1.3 Instandsetzungsschwelle (ISS) Schienenabnützungen [Fehlercode G-103]

Merkmal R RTE 22570 [7]	<p>Die Instandsetzungsschwelle (ISS) Schienenabnützungen ist entsprechend der R RTE 22570 definiert. Beim Erreichen der Instandsetzungsschwelle (ISS) müssen die Bahnunternehmen eine Risikobeurteilung vornehmen und aufgrund ihrer bisherigen Erfahrungen, der Bahnart, dem Oberbaumaterialzustand, der Streckenführung, der Geschwindigkeiten, der Unterbauqualität und der Gleisbelastung bahnspezifische Massnahmen festlegen, welche den sicheren Bahnbetrieb weiter gewährleisten.</p> <p>Bei Zahnstangengleisen sind die Basismasse und die Grössen der zulässigen Einzeltoleranz-Felder bei jeder IBN in den durch die EBV vorgegebenen Grenzen in der Längs- und Querrichtung sowie in der vertikalen Richtung festzulegen. Siehe AB-EBV zu Art. 33.</p> <p>Zudem ist die Sammlung von Erfahrungen und Empfehlungen in der D RTE 29700 «Systemtechnik Zahnradbahnen» zu beachten.</p>	
Bildliche Darstellung [AB]	<p><i>Bogeninnere Schiene; R 100 m</i></p> 	<p><i>Bogenäussere Schiene; R 100 m</i></p> 
Verortung	- keine	
Unterscheidung	Es wird empfohlen die Schienenabnützungen nach R RTE 22570 (Höhenverschleiss, Fahrkantenwinkel, Fahrkantendelle, Fahrkantenresthöhe) zu unterscheiden.	
Mögliche Ursache	- Der Verschleiss am Schienenkopf ist auf die Tangentialkräfte und den Schlupf zurückzuführen. Diese sind unter anderem abhängig von der Radlast (Normalkraft), vom Reibwert R/S, von der Grösse und Form der Kontaktfläche, von der Berührungsgeometrie sowie vom Anlaufwinkel Rad/Schiene und deshalb auch abhängig vom Fahrwerksprinzip.	
Verfahren zur Feststellung	- Vermessung manuell oder mit Messwagen	

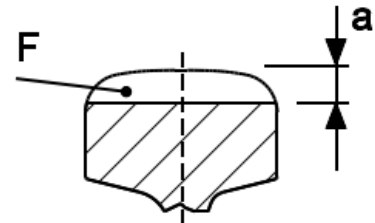
Empfehlung

R RTE 22570 [7]

- Umsetzung bahnspezifischer Massnahmen gemäss R RTE 22570
 Instandsetzungsschwelle (ISS) Schienenabnütungen gemäss R RTE 22570:

6.4.3 Instandsetzungsschwelle (ISS) Schienenabnütungen**6.4.3.1 Adhäsionsgleise****Zulässige Schienenabnützung Vignolprofile**

Beim Erreichen des nachstehenden Abnütungsgrades der Vignolprofile müssen die Schienen ausgewechselt werden:

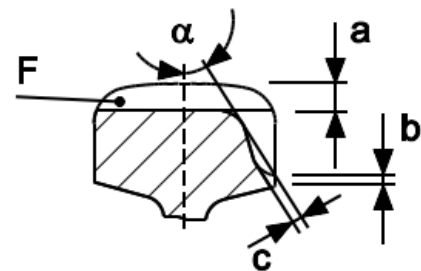
Senkrechte Abnützung

Abnützung	Mass	Profil 36 E3		Profil 46 E1		Profil 54 E2	
		HG	NG	HG und NG		HG und NG	
Höhenverschleiss	a [mm]	8	11	14		19	
Flächenverschleiss	F [cm ²]	4.0	6.0	8.0		11.5	

Senkrechte und seitliche Abnützung

Bemerkungen:

- Beidseitig seitliche Abnützung ist nicht zugelassen.
- Bei gleicher Reduktion des Wx wie beim 46 E1, lässt das Profil 36 E3 infolge der tieferen Schweraxlage eine grössere senkrechte Abnützung zu.



Abnützung	Mass	Profil 36 E3		Profil 46 E1		Profil 54 E2	
		HG	NG	HG	NG	HG	NG
Höhenverschleiss	a [mm]	6	11	14		19	
Flächenverschleiss	F [cm ²]	5.0	7.0	10.0		13.0	
Fahrkantenwinkel	α [°]	30					
Fahrkantendelle	c [mm]	2		2		2	
Fahrkantenresthöhe	b [mm]	1					



Falls nicht eindeutig ersichtlich ist, welche Abnützung massgebend ist, gilt der Flächenverschleiss als Hauptbeurteilungskriterium.

2.1.4 Allgemeiner Fehler der Geometrie / Gleislage / Gleislagequalität [Fehlercode G-199]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht vollständig ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um relevante Schadensbilder systematisch zu erfassen und zu behandeln.

Der Fehler im Zusammenhang mit schlecht oder übermässig geschmierten Schienen wird bewusst nicht im Abschnitt Schiene eingeordnet, da die Fehler in diesem Kapitel gemäss bereits etablierten Praktiken kodiert sind. Eine zusätzliche Aufnahme würde zu Unklarheiten und möglicher Verwirrung bei der Anwendung des Katalogs führen.

2.1.4.1 Schlecht geschmierte Schienen / zu stark geschmierte Schienen [G-199]

Merkmal	<p>Eine mangelhafte Schmierung des Spurkranzes / der Schienenflanke kann zu Übermässigem seitlichen Verschleiss (Seitenverschleiss) [S-2203] in engen Bögen führen.</p> <p>Zu stark geschmierte Schienen können insbesondere im Bereich enger Radien durch die Vorverlagerung des Spurkranzkontaktes am vorlaufenden bogenäusseren Rad entstehen, was zur Ablagerung des SKS-Fettes am Kopfradius führt.</p> <p>Wichtig ist, dass die Spurkranzschmierung nur in den Bögen und dort nur an den bogenäusseren Schienenflanken stattfindet. Eine Überschmierung führt dazu, dass das Schmierfett auf die Fahrflächen hochsteigt und damit die Traktion ungünstig beeinträchtigt. Das Versagen der Schmierung in den engen Bögen hat sowohl für die Schienen als auch für die Räder katastrophale Auswirkungen. Periodische Kontrollen des Schmierfilmes an den Schienenflanken durch die Infrastruktur ist deshalb zu empfehlen.</p>	
Bildliche Darstellung [RAILplus]	<p><i>Kontamination der linken Schiene durch Fett der Spurkranzschmierung</i></p> 	<p><i>Kontamination der Aussenschiene (rechts) mit Fett der Spurkranzschmierung</i></p> 
Verortung	<ul style="list-style-type: none"> - Schienenkopf - Schienenflanke 	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Unterscheidung Spurkranzschmierung (SKS) und Schienenkopfkonditionierung (SKK) 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Ungenügende oder zu starke Spurkranzschmierung - Schmierung von Weichen (automatisiert oder manuell) - Ungenügende oder Übermässige Initialschmierung 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Prüfung - Rückmeldung zur Traktionsverhältnissen durch Lokführer - Automatisiertes Traktionsmonitoring auf den Fahrzeugen 	
Auswirkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Schlechte Traktionsverhältnisse - Verwendung der Sandungseinrichtung (High Positive Friction Modifier) - Unterschiedliche kontaktmechanische Schäden an der Radkontaktfläche von Rad und Schiene - Auswirkung auf die Sicherheit gegen Entgleisen (Reibwert zwischen Rad und Schiene) 	
Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> - Meldung an das Rollmaterial - Gemeinsame Optimierung der Schmierung zwischen Fahrzeug und Infrastruktur - Im Rahmen der Systemführerschaft werden bedarfsgerechte Schmiereinrichtungen erprobt, welche in absehbarer Zukunft zur Verfügung stehen werden. 	

2.2 Fahrbahn - Schienen [Fehlercode S-XXXX]

Die Erfassung von Schädigungen an Schienen erfolgt mit der Zuordnung zur jeweiligen Komponente (blaue Kacheln) sowie der jeweiligen Schadenskategorie (grüne Kacheln). In diesem Zusammenhang wird im vorliegenden Katalog die Komponente grundsätzlich der Schiene zugeordnet. Schienenfehler, die spezifisch Weichen oder Dilatationsvorrichtungen betreffen, werden in späteren Kapiteln separat behandelt. Sobald die Erfassung in einem Anlagemanagementsystem erfolgt, ist eine präzise Zuordnung der Schädigungen zur jeweiligen Komponente in der Regel ohnehin erforderlich.

Das System der Zuordnung ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt.

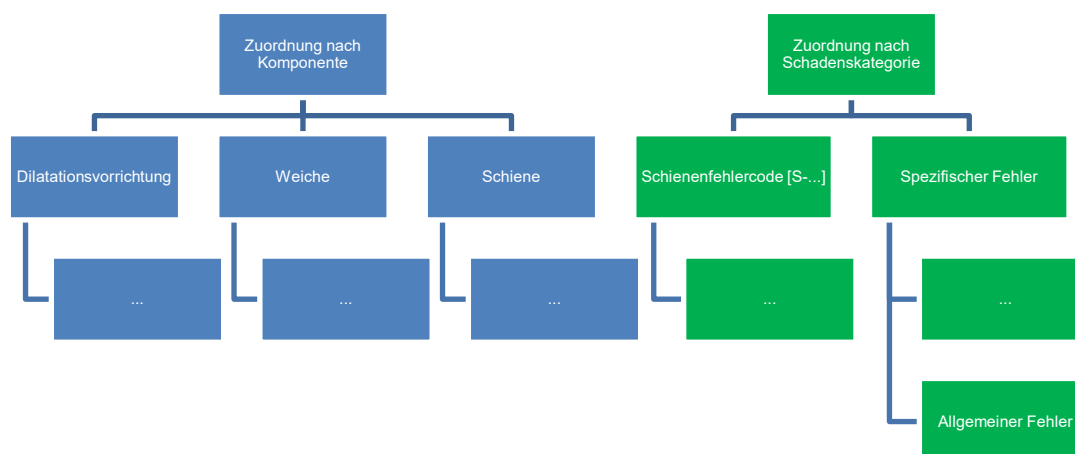


Abbildung 3: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Schienen

Die Codierung der Schienenfehler orientiert sich an den etablierten Praktiken, wie in den Quellen [2], [3] und [4] dargelegt.¹

Im Rahmen von [4] wurde zusätzlich empfohlen, zur Codierung nach SN-EN-17397 den Radfehlercode vom Schienenfehlercode zu unterscheiden:

- Fehlerkodierungen mit einem vorangestellten **R** kennzeichnen **Radfehler**
- Fehlerkodierungen mit einem vorangestellten **S** kennzeichnen **Schienenfehler**

Die Codierung für Schienenfehler wird dann wie folgt definiert:

Fehlercode: **S** - _ _ _ _

Die erste Zahl unterscheidet die Situation des Fehlers.

Die zweite Zahl unterscheidet die Lage des Fehlers.

Die dritte Zahl unterscheidet Muster und Art des Fehlers.

Die vierte Zahl dient für zusätzliche Eigenschaften und Unterscheidungen der Fehler.

¹ Die Beschreibung der Schienenfehlercodierung sowie die Inhalte der Abschnitte 2.2.1 bis bis 2.2.9 basieren vollständig auf der Quelle [4] und wurden in den Schadenskatalog übernommen.

1. Zahl	2. Zahl	3. Zahl	4. Zahl
Situation	Lage	Muster, Art	
1. Schienenende 2. Vollschienen	0. Vollquerschnitt 1. Schienenkopf 3. Steg 5. Fuss	0. Unbekannte Herkunft 1. Quer 2. Horizontal 3. Vertikal in Längsrichtung 4. Korrosion 5. Durch ein Loch durchgehend 6. Nicht durch ein Loch durchgehend 9. Überwalzung	Zusätzliche Eigenschaften und Unterscheidungen
	2. Oberfläche des Schienenkopfs	0. Verschleiss 1. Rollflächenfehler 2. Fahrkantenfehler 3. Stauchen 4. Lokale Schrägung 5. Schleuderstellen 7. Rissbildung und lokale Absenkung der Fahrfläche 8. Tropfendes Wasser	
Situation	Lage	Muster, Art	
3. Durch Schäden an der Schiene Verursachte Fehler	0. Vollquerschnitt	1. Quetschen 2. Fehlerhafte maschinelle Bearbeitung 3. Dauerhafte Verformung	
Situation	Lage	Muster, Art	(keine 4. Stelle)
4. Schweiß- und Auftragsschweißfehler	1. Abbrennstrumpfschweißen 2. Aluminothermisches Schweißen 3. Lichtbogenschweißen 4. Autogenschweißen 5. Druckgasschweißen 6. Induktionsschweißen 7. Auftragsschweißen 8. Andere Schweißverfahren	1. Quer 2. Horizontal oder Abblätterung (Schälen) 5. Schleuderstellen 7. Rissbildung und lokale Absenkung der Fahrfläche	Zusätzliche Eigenschaften und Unterscheidungen

Tabelle 1: Schienenfehlercodierungssystem aus SN-EN-17397

1	Fehler in Schienenenden		SN-EN-17397	Schadenskatalog Interaktion Kontaktflächen Schiene	Schadenskatalog Fahrbahn
11/12	Kopf		✓		
	111	Querriss	✓		✓
	112	Horizontaler Riss	✓		✓
	113	Vertikaler Riss in Längsrichtung	✓		✓
	114	Korrosion	✓		
	121	Oberflächenfehler	✓		
	1211	Abblätterung	✓	✓	✓
	1212	Längsrille	✓		
	1213	Rollflächenüberwalzung	✓		
	122	Schälen der Lauffläche	✓		
	1221	Fahrkantenbruch «Shelling»	✓	✓	✓
	1222	Schälen / Fahrkanten-Abblätterungen «Flaking»	✓		
	1223	Head Check	✓	✓	✓
	123	Stauchen	✓	✓	✓

	124	Lokale Schrägung der Fahrfläche	✓		
	125	Isolierte / Einzelne Schleuderstelle	✓	✓	✓
	127	Squat, Rissbildung und lokale Absenkung der Fahrfläche	✓	✓	✓
	128	Vertikaler Riss im Schienenquerschnitt	✓		
	129	Kontinuierliche Auswölbung (Schrägung) der Fahrfläche (RhB)	✓		
13	Steg		✓		
15	Fuss		✓		
2	Fehler in Vollschienen				
	20	Vollquerschnitt	✓		
	21/22	Kopf	✓		
	211	Querriss	✓		✓
	212	Horizontaler Riss	✓		✓
	213	Vertikaler Riss in Längsrichtung	✓		✓
	220	Verschleiss	✓		
	2201	Riffel	✓	✓	✓
	2202	Schlupfwellen	✓	✓	✓
	2203	Übermässiger seitlicher Verschleiss	✓		✓
	2204	Übermässiger vertikaler Verschleiss	✓		✓
	221	Fahrflächenfehler	✓		
	2211	Abblätterung	✓	✓	✓
	2212	Längsrille	✓		
	2213	Rollflächenüberwälzung	✓		
	222	Fahrkantenfehler	✓		
	2221	Fahrkantenausbruch «Shelling»	✓	✓	✓
	2222	Schälen / Fahrkanten-Abblätterungen «Flaking»	✓		
	2223	Head Check	✓	✓	✓
	223	Stauchen	✓	✓	✓
	224	Lokale Schrägung der Fahrfläche	✓		
	225	Schleuderstelle	✓		
	2251	Isolierte / Einzelne Schleuderstelle	✓	✓	✓
	2252	Mehrere Schleuderstelle	✓	✓	✓
	227	Squat, Rissbildung und lokale Absenkung der Fahrfläche	✓	✓	✓
	228	Kontinuierliche Auswölbung	✓		
	228	Lokale Absenkung der Fahrfläche durch Tropfwasser in Tunnel	✓		
23	Steg		✓		
25	Fuss		✓		
3	Fehler durch Schäden an der Schiene		✓		
	30	Vollquerschnitt	✓		
	301	Eindrückungen / Quetschen	✓	✓	✓
	302	Fehlerhafte maschinelle Bearbeitung	✓		
	303	Dauerhafte Verformung	✓		
4	Schweiss und Auftragsschweissfehler		✓		(✓)

Tabelle 2: Übersicht der Schäden aus SN-EN-17397 welche in die Schadenskataloge übernommen wurden (graue Spalte).
Klassifizierung der Schienenschädigungen nach SN-EN-17397



Das Ziel des «Lieferobjekt 3.2.1-3 Schadenskatalog Interaktion – Kontaktflächen Rad und Schiene» [4] ist es, die durch die Kontaktmechanik verursachten Schäden an der Radlaufläche und an der Schienenfahrfläche zu erfassen. In dieser Arbeit werden jedoch nicht alle Schienenschäden berücksichtigt (siehe Tabelle 2). Der Fokus liegt auf den bei den Meterspurbahnen auftretenden Fehlern, die durch die Kontaktmechanik verursacht werden. Für diese Fehler wurde jeweils eine Meterspurspezifische Zusammenstellung erstellt.

Im vorliegenden Lieferobjekt sollen jedoch nicht nur die Schädigungen im Zusammenhang mit der Kontaktmechanik, sondern alle für die Meterspur relevanten und auftretenden Schädigungen beschrieben werden.

Im Folgenden werden daher die in [4] für die Meterspur erarbeiteten Schädigungsübersichten sowie weitere für die Meterspur relevante Schienenfehler dargestellt. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die vorliegend beschriebenen Schienenschädigungen. Auf eine vollständige Übernahme der Schäden aus der SN-EN-17397 wurde bewusst verzichtet. Beim Auftreten weiterer Schienenfehler sind [2] und [3] zu konsultieren.

Zusammenstellung von kontaktmechanischen Schäden an den Schienenfahrfläche



2.2.1 Ablätterung «Flaking» und Ausbrüche «Spalling» auf der Fahrfläche [Fehlercode S-1211 / S-2211]

Merkmal [2], [3], [4], [10]	<p>In der Praxis werden die Begriffe Flaking und Spalling oft austauschbar verwendet, obwohl sie unterschiedliche Schadensstadien von oberflächeninitiierten RCF-Schäden darstellen. Es handelt sich um lokale Zersetzung und das Abbrechen von Material von der Lauffläche der Schiene in Form von kleinen Stücken oder Schuppen.</p> <p>Flaking (Abblätterung) Flaking ist das frühe Stadium der RCF-Schäden und tritt als oberflächliche horizontale Trennung der Lauffläche auf. Typisch sind kleine Absplitterungen, feine Risse oder schuppenartige Muster („Schlangenhaut“), die sich meist an der bogeninneren Schiene bilden, gelegentlich auch im geraden Gleis. Die Tiefe ist gering und auf die Oberfläche begrenzt. Flaking entsteht durch sehr hohe Kontaktspannungen bei gleichzeitig geringem Verschleiss. Die Mikrorisse breiten sich in Längsrichtung aus und verbinden sich zu einem Netz.</p> <p>Spalling (Ausbrüche) Spalling ist das fortgeschrittene Stadium dieses RCF-Schadensbildes, bei dem sich aus oberflächlichen Rissen grössere Materialstücke („Spalls“) ablösen. Die Risse vertiefen sich unter wiederholter Belastung und verbinden sich, sodass deutliche Ausbrüche entstehen. Spalling kann mehrere Millimeter tief sein (bis ca. 10–15 mm breit, 3 mm tief) und führt zu grossflächigen Ablösungen.</p>	
Links: [RAILplus] Rechts: [10]	<p style="text-align: center;"><i>Flaking (Abblätterung)</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Spalling (Ausbrüche)</i></p> 
Verortung	- Lauffläche der bogeninneren Schienen, Lauffläche im geraden Gleis	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrkantenausbruch «Shelling» [Fehlercode S-1221 / S-2221], welcher sich durch Materialausbrüche an der Fahrkante und Fahrschulter charakterisiert, statt auf der Fahrfläche - Isolierte / Einzelne Schleuderstelle [Fehlercode S-125 / S-2251] - «Squat», Rissbildung und lokale Absenkung der Fahrfläche [Fehlercode S-127 / S-227] - «Head Check» [Fehlercode S-1223 / S-2223] 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Sehr hohe Kontaktspannung - Hohe Kraftschlusskräfte in Längsrichtung - Geringer Verschleiss 	

Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - (Ultraschallprüfung) oder Wirbelstrom 	
Unmittelbare Abhilfe-massnahme	<p>Korrektive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schiene bearbeiten (Schleifen, Fräsen) - Schiene wechseln <p>Präventive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Präventive Instandhaltung (Schienenschleifen bei ersten Anzeichen) - Verbesserung Schienenwerkstoff 	
Auswirkungen	<p>Rollmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine <p>Infrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schienenbruch <p>Umwelt</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine 	
Empfehlung	Im Spätstadium, wenn Schadenstiefe höher als möglicher Fräsabtrag	Sofort Schienen wechseln, ggf. Ultraschalluntersuchungen
	Im Frühstadium, wenn Schadenstiefe niedriger als möglicher Fräsabtrag	Schienen schleifen oder fräsen je nach Schadenstiefe, ggf. Ultraschalluntersuchungen

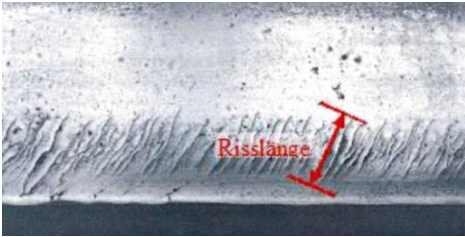
Dieser Auszug basiert auf [4].

2.2.2 Fahrkantenausbruch «Shelling» [Fehlercode S-1221 / S-2221]

Merkmal [4]	<p>Der Schienenfehler «Shelling» zeigt Ausbrüche an der Fahrkante, die im Inneren des Schienenkopfes initiiert werden.</p> <p>Die Risse bilden sich in horizontaler Richtung unter der Oberfläche an der Fahrkante. Dabei zeigen sich in unregelmässigen Abständen längliche Ausbrüche an der Fahrkante.</p> <p>Die Risse breiten sich im Innen der Schiene in Richtung der Oberfläche aus. Sie bewirken im fortgeschrittenen Stadium ein Ausbrechen des Materials an der Fahrkante und örtliche Einsenkungen der Fahrfläche.</p>	
Bildliche Darstellung Links: [8] Rechts: [RAILplus]		
Verortung	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrkante des Schienenkopfs, üblicherweise an der bogenäusseren Schiene 	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - «Head Check» [Fehlercode S-1223 / S-2223] - Fahrflächenausbruch «Spelling» [Fehlercode S-1221 / S-2221], welcher durch Materialausbrüche auf der Fahrfläche charakterisiert ist 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Mangelhafte Schleifprogramme - Ungeeignete Schmierprogramme - Rollkontaktermüdung - Hohe Flächenpressung 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Automatische optische Prüfung 	
Unmittelbare Abhilfemassnahme	<p>Korrektive Massnahme:</p> <p>Je nach Tiefe der Fahrkantenausbruch:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schiene beobachten - Schiene fräsen - Schiene wechseln <p>Präventive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schmierprogramme optimieren - Verbesserung Paarung Rad- und Schiene (Profile, Schienenstahl) 	
Auswirkungen	<p>Rollmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine <p>Infrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schienenbruch <p>Umwelt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lärm 	
Empfehlung	<p>Im Spätstadium</p>	<p>Sofort Schienen wechseln</p>
	<p>Im Frühstadium</p>	<p>Schienen schleifen/fräsen</p>

Dieser Auszug stammt aus [4].

2.2.3 «Head Check» [Fehlercode S-1223 / S-2223]

Merkmal Richtlinie 821.2007 [9] [4]	<p>«Head Checks» entstehen meist in hochbelasteten Gleisen in grösseren Bogenradien an der Fahrshulter der Aussenschiene. Nachdem die Risstiefe 3 - 5 mm erreicht hat, wächst der Riss mit zunehmender Geschwindigkeit. Wachsende Risse zusammen kann es zu «Spalling» / Ausbrüche oder im Extremfall zum Schienenbruch kommen. Die Risswachstumsgeschwindigkeit ist dabei immer höher als der durch Schienenverschleiss entstehende Materialabtrag. Risse werden daher nicht durch Schienenverschleiss «herausgeschliffen». In engen Bögen treten «Head Checks» aufgrund des hohen Schienenverschleisses nicht auf oder wachsen nicht.</p> 						
Bildliche Darstellung EN-17397-1 [2]	«Head Checks» der 1. Stufe Sichtbare Länge der «Head Checks» kleiner 20 mm.	«Head Checks» der 2. Stufe Sichtbare Länge der «Head Checks» grösser 20 mm. Bildung schwarzer Bereiche entlang der Risse. Die Risse breiten sich in das Innere des Schienenkopfes aus.	«Head Checks» der 3. Stufe Es zeigen sich Stellen mit Ausbrüchen («Shelling»). Die Ausbrüche sind eine Folge davon, dass sich die längeren Risse unterhalb der Oberfläche vereinigt haben.				
Verortung	- In Bögen: an der Fahrkante/Fahrshulter der äusseren Schiene						
Verwechslungsmöglichkeiten	- Fahrkantenausbruch «Shelling» [Fehlercode S-1221 / S-2221]						
Mögliche Ursache	- Rollkontaktermüdung - Erhöhte Tangentialkräfte im Kontakt zwischen Rad und Schiene						
Verfahren zur Feststellung	- Visuelle Inspektion in jedem Stadium - im Frühstadium und bis 5 mm Tiefe mit Wirbelstrom - Ultraschallprüfung, wenn die Risse tiefer als 5 mm sind. Die korrekte Bewertung der Tiefe kann durch Abschirmeffekte benachbarter Risse beeinträchtigt werden.						
Unmittelbare Abhilfemassnahme	Korrektive Massnahme: - Reprofilierung (Schleifen oder Fräsen) oder Schienenwechsel, je nach Risstiefe Präventive Massnahme: - Verbesserung Paarung Rad- / Schienenwerkstoffe - Radialeinstellbare Radsätze						
Auswirkungen	Rollmaterial - Keine Infrastruktur - Hohe Schleif- und Fräsintervalle, Schienenbruch bei ausbleibender Behebung Umwelt - Keine						
Empfehlung	<table border="1"> <tr> <td style="background-color: #f8d7da;">3. Stufe</td> <td style="background-color: #f8d7da;">Sofort Schienen fräsen oder wechseln, Langsamfahrstelle bis zur Beseitigung.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #fff3cd;">1. und 2. Stufe</td> <td style="background-color: #fff3cd;">Mechanische Schienenbearbeitung oder Schienenwechsel</td> </tr> </table>			3. Stufe	Sofort Schienen fräsen oder wechseln, Langsamfahrstelle bis zur Beseitigung.	1. und 2. Stufe	Mechanische Schienenbearbeitung oder Schienenwechsel
3. Stufe	Sofort Schienen fräsen oder wechseln, Langsamfahrstelle bis zur Beseitigung.						
1. und 2. Stufe	Mechanische Schienenbearbeitung oder Schienenwechsel						

Dieser Auszug stammt aus [4].

2.2.4 Plastische Verformung (Überwälzung-Quetschung-Gratbildung) [Fehlercode S-123 / S-223]

Merkmal [4]	Man beobachtet eine Einsenkung der Lauffläche und eine Verbreiterung des Fahrspiegels. Der Werkstoff wird nach der Seite und bei Schienenstössen manchmal zum Schienenende hin verdrängt. Im äussersten Fall kann sich ein Grat bilden, der dazu neigt, sich von der Schiene zu lösen.	
Bildliche Darstellung Links: [2] Rechts: [RhB]		
Verortung	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrfläche - Fahrschulter - Fahrkante - Meist am Schienenende hinter der Schienenstoss-lücke in Fahrtrichtung - Bei Thermit Schweissungen - Flügelschiene und Stockschiene - Herzstückspitze 	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Übermässigem vertikalem Verschleiss 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Stossbelastung - Plastisches Fliessen - Schlagbeanspruchung vor allem in Herzstücken von Weichen - Schleuderstellen - Zu weiche Schienenwerkstoffe - Gefügeveränderung bei Thermit Schweissungen (hohe Temperatureinwirkung) 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Durch Lärm bei der Überfahrt von Zügen (Profilmessung) 	
Unmittelbare Abhilfemassnahme	<p>Korrektive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schiene beobachten - Eventuell abschleifen des Grates - Ausbessern durch Auftragsschweissung - Schienenwechsel <p>Präventive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schienenstahlsorte bewerten - Verbesserung Schweissverfahren - Beheben von Unstetigkeiten im Fahrflächenverlauf 	
Auswirkungen	<p>Rollmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fahrkomfort <p>Infrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schienenbruch, Schwellenhohllagen, hohe Schotterbeanspruchung <p>Umwelt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erschütterungen, Lärm 	
Empfehlung	Im Spätstadium	Sofort Schienen wechseln
	Im Frühstadium	Restliegedauer vorgeben und Schienen schleifen/fräsen oder (falls nötig) Schienenwechsel planen

Dieser Auszug stammt aus [4].

2.2.5 Isolierte / Einzelne Schleuderstelle [Fehlercode S-125 / S-2251]; Mehrere Schleuderstelle [Fehlercode S-2252]

Merkmal [4]	<p>Schleuderstellen können auf allen Strecken, vor allem in Anfahr- und Bremsbereichen durch das Schleudern einer oder mehrerer angetriebener Achsen der Triebfahrzeuge/ Triebzüge entstehen. Schleuderstellen finden sich in der Regel gegenüberliegend auf beiden Schienen. Das ein- oder mehrmalige Schleudern verursacht einen aufgehärteten Fleck mit ovalem Umriss oder länglicher Ausdehnung. Die durch die thermomechanische Beanspruchung entstandenen Risse in der Schleuderstelle können sich vereinigen und zu Materialausbrüchen aus der Fahrfläche führen. Unter der Einwirkung des Befahrens kommt es allmählich zu einer Vertiefung der Lauffläche, die zu einer erhöhten dynamischen Belastung führt.</p> <p>Einzelne Risse können in Richtung Schienensteg weiterwachsen und insbesondere in Kälteperioden zu einem senkrechten Dauerbruch führen. Schleuderstellen können in der Regel durch eine Einzelfehlerbeseitigung (Auftragsschweissen) beseitigt werden. Lediglich bei einem extremen Schadensausmass oder bei Häufung der Fehler ist der Ausbau der Schiene erforderlich. Schleuderstellen sollen so früh wie möglich mittels Auftragsschweissung beseitigt werden.</p>					
Bildliche Darstellung Links: [2] Mitte: [3] Rechts: RhB	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Schleuderstelle (Antrieb)</th> <th style="width: 33%;">Schleuderstelle (Schnellbremsspur)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">  </td> </tr> </tbody> </table>		Schleuderstelle (Antrieb)	Schleuderstelle (Schnellbremsspur)		
Schleuderstelle (Antrieb)	Schleuderstelle (Schnellbremsspur)					
						
Verortung	<ul style="list-style-type: none"> - Lauffläche - Fahrschulter - Im Allgemeinen an Schienen in der Nähe von Haltsignalen 					
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Abblätterung und Ausbrüche auf der Fahrfläche «Spalling» [Fehlercode S-1211 / S-2211] - «Squat», Rissbildung und lokale Absenkung der Fahrfläche [Fehlercode S-127 / S-227] 					
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Keine oder schlechte Traktionsregelung bzw. Schleuderschutz - Radschlupf - Reibungsmanagement (schlechte Adhäsionsverhältnisse) 					
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion 					
Unmittelbare Abhilfemassnahme	<p>Korrektive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schiene mit welligem Erscheinungsbild beobachten - Gegebenenfalls Ausschleifen leichter Schleuderstellen - Schienen mit «Netzrissen», die in der Nähe der Schleuderstelle bis an die Fahrkante reichen ausbauen <p>Präventive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optimierung Antriebsregelung und Schleuderschutz - Schulung Lokpersonal 					
Auswirkungen	<p>Rollmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fahrkomfort <p>Infrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erschütterungen, Fahrbahnschäden, Schienenbruch <p>Umwelt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erschütterungen, Lärm 					

Empfehlung	Sehr tiefe Schleuderstellen	Sofort Schienen wechseln
	Geringes Schadensausmass	Schienen schleifen/fräsen oder (falls nötig) Schienenwechsel planen, Auftragsschweissung

Dieser Auszug stammt aus [4].


2.2.6 «Squat», Rissbildung und lokale Absenkung der Fahrfläche [Fehlercode S-127 / S-227]

Merkmal [4]	Dieser Fehler zeigt sich auf der Lauffläche als Verbreiterung und örtliche Einsenkung des Fahrschulter (nierenförmigen Erweiterung des Fahrspiegels), begleitet von einem dunklen Fleck und bogenförmigen oder v-förmigen Rissen. Im Englischen bedeutet «to squat» sich hinhocken oder in die Hocke gehen. Da «Squats» selten in Tunneln gefunden werden, wird auch ein gewisser Anteil an hydraulisch beschleunigtem Risswachstum vermutet. Diese Risse breiten sich in das Innere des Schienenkopfes aus. Das Risswachstum erfolgt zuerst in einem flachen Winkel zur Fahrfläche. Nachdem eine Ristiefe von 3 bis 5 mm erreicht ist, biegen sie in Querrichtung nach unten ab und können einen Schienenbruch verursachen. Squats können nach Form in den drei folgenden Klassen klassifiziert werden und können einzeln oder mehrfach auf der Schiene auftreten.																				
Bildliche Darstellung Oben: [10] Unten: [zb]	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Einzel «Squat»</th> </tr> <tr> <th style="width: 33%;">Klasse 1/A/leicht</th> <th style="width: 33%;">Klasse 2/B/mittel</th> <th style="width: 33%;">Klasse 3/C/schwer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Kleiner Eindruck - Riss an Oberfläche </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Fahrspiegelverbreiterung - V-Riss an Oberfläche </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Starke Fahrspiegelverbreiterung - V-Riss und gegenüberliegender Riss - Ausbrüche der Oberfläche </td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="3">«Serien-Squats»</th> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Einzel «Squat»			Klasse 1/A/leicht	Klasse 2/B/mittel	Klasse 3/C/schwer	<ul style="list-style-type: none"> - Kleiner Eindruck - Riss an Oberfläche 	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrspiegelverbreiterung - V-Riss an Oberfläche 	<ul style="list-style-type: none"> - Starke Fahrspiegelverbreiterung - V-Riss und gegenüberliegender Riss - Ausbrüche der Oberfläche 				«Serien-Squats»					
Einzel «Squat»																					
Klasse 1/A/leicht	Klasse 2/B/mittel	Klasse 3/C/schwer																			
<ul style="list-style-type: none"> - Kleiner Eindruck - Riss an Oberfläche 	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrspiegelverbreiterung - V-Riss an Oberfläche 	<ul style="list-style-type: none"> - Starke Fahrspiegelverbreiterung - V-Riss und gegenüberliegender Riss - Ausbrüche der Oberfläche 																			
																					
«Serien-Squats»																					
																					
Verortung	<ul style="list-style-type: none"> - Lauffläche - Fahrschulter - Im geraden Gleisen oder grossen Bögen 																				
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - «White Etching Layers» – WEL - «Studs» 																				
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Rollkontaktermüdung - Geringe Werkstofffestigkeit 																				
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Ultraschallprüfung zur Ermittlung der Ristiefe 																				
Unmittelbare Abhilfemassnahme	<p>Korrektive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schienenwechseln - Schienenfräsen <p>Präventive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Keine präventiven Massnahmen bekannt 																				
Auswirkungen	<p>Rollmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fahrkomfort <p>Infrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schienenbruch <p>Umwelt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erschütterungen, Lärm 																				

Empfehlung	Im Spätstadium oder «Serien-Squats»	Sofortiger Schienenwechsel. Alternativ Langsamfahrstelle und/oder Notverlaschung bis zur Beseitigung.
	Im Frühstadium	Restliegedauer vorgeben und mechanische Schienenbearbeitung oder Schienenwechsel


Dieser Auszug stammt aus [4].

2.2.7 Riffel [Fehlercode S-2201]

Merkmal [4]	<p>Riffel sind Schienenfahrflächenfehler, die längs des Schienenkopfes auf beiden Schienen hauptsächlich auf geraden oder fast geraden Strecken auftreten. Sie zeichnen sich durch wellenförmige Erscheinungen aus, bei denen sich die Wellenberge hell und glänzend ausprägen. Sie sind durch eine Aufhärtung der Schienenoberfläche gekennzeichnet. Die Wellentäler sind meist dunkel, weicher und weisen häufig Korrosionsnarben auf. Riffel wurden vor allem im Normalspurbereich mit einer Wellenlänge zwischen rund 10 und 100 mm festgestellt.</p> <p>Es kommt zu einem erhöhten Rollgeräusch und aufgrund von höheren Belastungen und Vibrationen zu einem höheren Instandhaltungsaufwand am Fahrweg.</p>	
Bildliche Darstellung [10]		
Verortung	<ul style="list-style-type: none"> - Lauffläche auf beiden Schienen in Geraden 	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Schlupfwellen [Fehlercode S-2202] 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Riffel entstehen durch dynamische Beanspruchungen im Rad-Schiene-Kontaktbereich in Wechselbeziehung mit Werkstoffumwandlung und Materialabtrag durch Verschleiss - Längsschlupf angetriebener Räder 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Gehör im Fahrzeuginneren 	
Unmittelbare Abhilfemassnahme	<p>Korrektive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Je nach Wellentiefe und weiteren Schäden: Schleifen / Fräsen <p>Präventive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Im Meterspurbereich noch keine bekannt 	
Auswirkungen	<p>Rollmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fahrkomfort (Lärm) <p>Infrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verkürzte Schleifintervalle <p>Umwelt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lärm 	
Aktuelle Empfehlung aus der SFI P4	Sinngemäss nach Abschnitt 2.2.8 Schlupfwellen [Fehlercode S-2202]	
Empfehlung aus der Normalspur	Tiefe $\geq 0.15 \text{ mm}^{11}$	Restliegedauer vorgeben und Schienen schleifen/fräsen oder (falls nötig) Schienenwechsel planen
	$0.07 \text{ mm} \leq \text{Tiefe} < 0.15 \text{ mm}^{11}$	Präventives Schienenschleifen planen

¹¹ Grenzwerte für den Meterspurbereich werden im Rahmen der Forschungsprojekte von RAILplus festgelegt. Dieser Auszug stammt aus [4].



2.2.8 Schlupfwellen [Fehlercode S-2202]

Merkmal [4]	<p>Schlupfwellen sind Schienenfahrflächenfehler, die längs des Schienenkopfes auftreten. Hauptsächlich tritt der wellenförmige Fehler in engen Bögen (bis ca. R=300 m) auf der bogeninneren Schiene auf. Charakteristisch ist die auf den Wellenbergen sehr glatte Fahrfläche, während die Oberfläche im Wellental rau, heller und breiter erscheint als auf dem Wellenberg. Bei Meterspurbahnen kommen in engen Bögen hauptsächlich Wellenlängen bis 100mm vor, während in weiteren Bögen die Wellenlänge auch 100mm übersteigen kann.</p> <p>Ursache für Schlupfwellen sind der Querschleif und daraus resultierende Tangentialkräfte in den engen und sehr engen Bögen. Es kommt zu erhöhten Lärmemissionen im Fahrzeuginnen und Lärmemission in der Umgebung. Aufgrund von höheren Belastungen und Vibrationen zu einem höheren Instandhaltungsaufwand am Fahrweg (Schwellenhohllagen, Schottermehl). Eine ausbleibende Bearbeitung der Schienenfahrfläche führt zu Folgeschäden, deren Beseitigung mit hohem Aufwand verbunden sein kann.</p>
Bildliche Darstellung [RAILplus]	
Verortung	<p>Hauptsächlich auf der Lauffläche auf der bogeninneren Schiene und vereinzelt auf der bogenaussere Schiene</p>
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Riffel [Fehlercode S-2201]
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Dynamischer Verschleiss vor allem durch Querschleif - Hohe Kontaktkräfte durch schlechte Rad-Schiene-Profilpaarung, hohe Achslasten und starre Radsatzführungen - Plastische Verformung des gesamten Schienenfahrfläche - nicht optimierter Rad-Schiene-Kontaktkräfte allenfalls aufgrund von Schwellentyp, Befestigungsmittel oder Zwischenlage
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Gehör im Fahrzeuginnen - Gleismesswagen - Schienenrauheitsmessgerät
Unmittelbare Abhilfemassnahme	<p>Korrektive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Je nach Schlupfwellentiefe und weiteren Schadensmerkmalen (Schottermehl): Schleifen / Fräsen bzw. Schienenwechsel notwendig <p>Präventive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung/Optimierung der Gleissteifigkeit durch weichere Schienenzwischenlagen, Erhöhung der Schienenhärte, Schwellenbesohlung oder Änderungen an den Fahrzeugen (z.B. Radialeinstellung der Radsätze oder Schienenkopfkonditionierung, usw.)
Auswirkungen	<p>Rollmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fahrkomfort <p>Infrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verkürzte Schleif- oder Fräsintervalle <p>Umwelt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erschütterungen, Lärm

Aktuelle Empfehlung aus der SFI P4 [11]	Für die Schlupfwellenamplitude an der Innenschiene in engen Bögen wird nach aktuellem Wissensstand eine Eingriffsschwelle (ISS) von $A = 0.08$ mm empfohlen. Ein Spitze-Spitze-Wert von $A = 0.2$ mm sollte nicht überschritten werden, da sie mit erhöhten Schädigungsrisiken verbunden sein kann.	
Empfehlung aus der Normalspur	Tiefe ≥ 0.4 mm	Restliegedauer vorgeben und Schienen schleifen/fräsen oder (falls nötig) Schienenwechsel planen
	0.05 mm \leq Tiefe < 0.4 mm	Präventives Schienenschleifen planen

Dieser Auszug basiert auf [4].



2.2.9 Einprägung (Eindrückung) / Quetschen [Fehlercode S-301]

Merkmal [4]	<p>Eine Einprägung entsteht durch einen Fremdkörper auf der Schiene (Metallteile, Schotter, grober Sand, usw.).</p> <p>Sie können kontinuierlich, einzeln oder unregelmässig auftreten.</p> <p>Die Korrosion erfolgt an Einprägungen beschleunigt, wenn sie nicht durch ausreichenden Verschleiss beseitigt werden.</p> <p>Die Schiene wird bei Auftreten von Einkerbungen höher belastet was zu Rissbildung und bei deren Fortschritt zum Schienenbruch führen kann.</p>	
Bildliche Darstellung SN-EN-17397 [2]		
Verortung	- Lauffläche	
Verwechslungsmöglichkeiten	- keine	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Fremdkörper auf der Lauffläche - Einwirkung von Fremdkörpern aus Baustellen 	
Verfahren zur Feststellung	- Visuelle Inspektion	
Unmittelbare Abhilfemassnahme	<p>Korrektive Massnahme:</p> <p>Je nach Schadenstiefe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schiene Schleifen (Materialabtrag: Schadenstiefe +0.3 mm) - Schiene Fräsen (Materialabtrag: Schadenstiefe +0.3 mm) - Auftragsschweissung bei Einzelfehlern (Materialabtrag: Schadenstiefe +0.3 mm) - Schienenwechsel <p>Präventive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sichtkontrolle der Schienen auf Schädigungen nach Bauarbeiten am Gleis - Verhinderung von Vandalismus - Sichtkontrolle nach Entgleisungen 	
Auswirkungen	<p>Rollmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> - Keine <p>Infrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Keine <p>Umwelt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Keine 	
Empfehlung	Tiefe Schäden oder über grössere Flächen verteilt mit Ultraschallanzeige	Sofort Schienen fräsen (mit Rissprüfung) oder wechseln. Falls nicht möglich Langsamfahrstelle und/oder Notverlaschung bis zur Beseitigung.
	Geringere Schäden und ohne Ultraschallanzeige	Restliegedauer vorgeben und Schienen schleifen/fräsen oder (falls nötig) Schienenwechsel/Auftragsschweissen planen
	Kleinere Fehler	Beobachten

Dieser Auszug stammt aus [4].


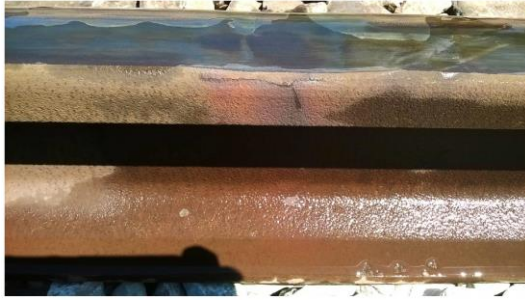
Weitere Schäden an den Schienenfahrfläche (Erarbeitung im Rahmen des Vorliegenden Schadenskataloges)

2.2.10 Querriss [S-111 / S-211], Querriss in Schweissnähten [S-411 / S-421 / S-431]

Merkmal SN-EN-17397 [2]	<p>In der SN-EN-17397 [2] wird eine Vielzahl von Rissen unterschieden. Bei der Meterspur treten diese häufig in der Vollschiene sowie in den Schweissnähten auf.</p> <p>Der Querriss [S-111 / S-211] beginnt in der Mitte des Schienenkopfes oder im Bereich der Fahrkante. Es handelt sich um einen Herstellungsfehler, der durch innere Einschlüsse oder wasserstoffbedingte Mikrorisse verursacht wird. Stossbelastungen sind rissinitierende Faktoren.</p> <p>Tritt ein Schienenbruch auf, bevor der Fehler sichtbar wird, ist ein glatter, glänzender, nierenförmiger Fleck sichtbar.</p> <p>Wenn der Fleck die Oberfläche des Schienenkopfes erreicht, beginnt die Oberfläche des Risses zu oxidieren. In diesem Stadium steht der Schienenbruch unmittelbar bevor.</p> <p>Querrisse in Schweissnähten [S-411 / S-421 / S-431] entstehen bei Abbrennstumpfschweissnähten, aluminothermischen Schweissnähten und Lichtbogenschweissnähten.</p> <p>Es handelt sich um einen Herstellungsfehler, der auf die Gestaltung der Schweissnaht, den Schweissprozess oder auf innere Einschlüsse zurückzuführen ist.</p>	
Bildliche Darstellung SN-EN-17397 [2]	<p style="text-align: center;"><i>Querriss Zentraler Ursprung</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Querriss Ursprung im Bereich der Fahrkante</i></p> 
Verortung	Gemäss Kapitelanfang oder [2], [3] und [4].	
Verwechslungsmöglichkeiten	<p>Risse können untereinander oder mit einer Vielzahl anderer Fehler verwechselt werden. Insbesondere ist eine Abgrenzung zu Querrissen auf der Schienenkopfoberfläche, z. B. Head Checks oder Schälrisse, vorzunehmen. Querrisse in Schweissnähten sind nicht mit plötzlicher Bogenbildung in der Nähe der Schweissnaht, z. B. Quetschungen zu verwechseln.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Head Checks S-1223 / S-2223 - Schälen S-1222 / S-2222 - Querrissen unter Auftragschweissungen S-471 - Querrissen an Schweissnähten S-411 - Quetschungen S-301 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Herstellungsfehler, der durch innere Einschlüsse oder Mikrorisse durch Wasserstoff verursacht wurde - Stosslasten - Fehlerhaft Schweissung - Überlastung - Materialermüdung - Unsachgemässe Schweisstechiken - Verunreinigungen im Schweissmaterial 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - UT-Prüfung 	




Unmittelbare Abhilfe- massnahme	Korrektive Massnahme: <ul style="list-style-type: none"> - Schiene beobachten - Schiene provisorisch verlaschen - (Unverzögerlicher) Ausbau der Schiene Präventive Massnahme: <ul style="list-style-type: none"> - Einsatz eines Schienenwerkstoffs, der weniger anfällig gegenüber der identifizierten Ursache ist. 	
Empfehlung	Schienenbruch	Gebrochene Schienen sind auszubauen.
	Schienen mit Rissen	Schienen mit Rissen sind besonders zu beobachten oder auszubauen. In Einzelfällen ist eine Reparatur möglich.
	-	-

2.2.11 Horizontaler Riss im Kopf [S-112 / S-212], im Steg oder im Steg von Schweissnähten



Merkmal SN-EN-17397 [2]	<p>Der Horizontale Riss im Kopf [S-112 / S-212] beginnt im Schienenkopf und verläuft parallel zur Fahrfläche.</p> <p>Die Ausbreitung wird durch Stossbelastungen an schadhaften Fugen beschleunigt. Er kann zu einer lokalen Absenkung der Fahrfläche führen, die durch einen dunklen Fleck gekennzeichnet sein kann, der sich von der glänzenden Fahrfläche abhebt. Ein kleiner Riss erscheint auf einer oder beiden Flächen des Kopfes und auf der Endfläche in der Lücke des Schienenauszugs.</p> <p>Als Begleiterscheinung kann ein vertikaler Riss oder eine Fortsetzung als Querriss auftreten. In einem späteren Stadium kann ein Metallstück abbrechen.</p> <p>Dies ist nicht zu verwechseln mit der vertikalen Rissbildung in Längsrichtung oder dem Schälen [S-2222] der Fahrfläche.</p> <p>Ein Horizontaler Riss im Steg [S-132 / S-1321 / S-1322 / S-232 / S-2321 / S-2322] kann an jeder Stelle des Steges beginnen. Beginnt er an der Vollschiene, handelt es sich um einen Herstellungsfehler. Der Beginn am Schienenende wird durch Spannungen zwischen Lasche und Schiene verursacht, die durch die vertikale Bewegung der Fuge unter der Überfahrt von Zügen infolge schlechter Gleisgeometrie, Fugenqualität oder unsachgemässer Laschung entstehen, und trennt den Kopf oder Fuss vom Steg. Der Riss verläuft parallel zur Fahrfläche und kann sich nach oben oder unten krümmen, was zum Abbrechen des Kopfes oder Fusses oder zur Fragmentierung der Schiene führt. Dies ist nicht mit der Rissbildung in Löchern [S-135, S-235] in Fällen, in denen sich der Riss durch ein Loch ausbreitet, zu verwechseln.</p> <p>Ein Horizontaler Riss im Steg von Schweissnähten [S-412 / S-422 / S-432] kann an jeder Stelle im Steg von Schweissnähten entstehen.</p> <p>Es handelt sich um einen Herstellungsfehler, der auf die Gestaltung der Schweissnaht, den Schweissprozess oder auf innere Einschlüsse zurückzuführen ist. Der Riss kann durch Schraubenlöcher in der Nähe der Schweissnaht beeinflusst werden.</p> <p>Der Riss verläuft parallel zur Fahrfläche und kann sich nach oben und/oder unten krümmen, was zum Abbrechen des Kopfes oder Fusses oder zur Fragmentierung der Schiene führt.</p>	
Bildliche Darstellung SN-EN-17397 [2]	<i>Horizontaler Riss im Kopf von Vollschiene</i> 	<i>Horizontaler Riss im Kopf von Vollschiene mit Querrissausbildung</i> 
Verortung	Gemäss Kapitelanfang oder [2], [3] und [4]	
Verwechslungsmöglichkeiten	Risse können untereinander oder mit einer Vielzahl von anderen Fehlern verwechselt werden. Dies umfasst nicht abschliessend. <ul style="list-style-type: none"> - Riss in Löchern im Steg S-135 / S-235 - Schälen S-1222 / S-2222 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Spontanes Auftreten ohne spezifische Ursache - Herstellungsfehler - Stosslasten - Fehlerhaft Schweissung - Spannungen - Weitere 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Prüfung auf Risse - UT-Prüfung 	

Unmittelbare Abhilfe- massnahme	Korrektive Massnahme: <ul style="list-style-type: none"> - Schiene beobachten - Schiene provisorisch verlaschen - (Unverzögerlicher) Ausbau der Schiene Präventive Massnahme: <ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung Schienenwerkstoff? 	
Empfehlung	-	(Unverzögerlicher) Ausbau der Schiene
	-	Schiene provisorisch verlaschen
	-	Schiene beobachten



2.2.12 Vertikaler Riss in Längsrichtung des Kopfs [S-113 / S-213], im Steg oder des Fusses

Merkmal SN-EN-17397 [2]	<p>Ein Vertikaler Riss in Längsrichtung des Kopfs [S-113 / S-213] beginnt an mehreren Stellen entlang der Schiene und kann sich durch eine Schweissnaht ausbreiten.</p> <p>Es handelt sich um einen Herstellungsfehler, der durch in die Schiene eingewalzte Einschlüsse, hauptsächlich aus dem Blockgussverfahren, verursacht wird. Er breitet sich parallel zum Schienensteg aus und neigt dazu, den Schienenkopf allmählich in zwei Teile zu spalten. Mit zunehmender Ausbreitung kann er an verschiedenen Stellen sichtbar werden: als schwarze Linie auf der Oberfläche, wo er die Fahrfläche erreicht, als Absenkung der Fahrfläche und Verbreiterung des Kopfes entsprechend der Rissöffnung oder als helle Linie oder Riss im Kehlnuss zwischen Steg und Kopf auf beiden Seiten des Steges.</p> <p>Nicht zu verwechseln mit der Rollflächenüberwalzung [S-1213, S-2213].</p> <p>Beim Vertikaler Riss in Längsrichtung im Steg [S-133 / S-233] und dem Vertikaler Riss in Längsrichtung des Fusses [S-153 / S-253] handelt es sich um Herstellungsfehler. Diese sind in [2], [3] und [4] beschrieben.</p>		
Bildliche Darstellung SN-EN-17397 [2]	<i>Sichtbarer vertikaler Riss in Längsrichtung entlang der oberen Schienenoberfläche</i> 	<i>Vertikaler Riss in Längsrichtung des Kopfs</i> 	<i>Vertikaler Riss in Längsrichtung im Steg</i> 
Verortung	Gemäss Kapitelanfang oder [2], [3] und [4]		
Verwechslungsmöglichkeiten	Siehe [4]. Risse können untereinander oder mit einer Vielzahl von anderen Fehlern verwechselt werden. Dies umfasst nicht abschliessend. - Rollflächenüberwalzung S-1213 / S-2213		
Mögliche Ursache	- Herstellungsfehler		
Verfahren zur Feststellung	- Visuelle Prüfung auf Risse - UT-Prüfung		
Unmittelbare Abhilfemassnahme	Korrektive Massnahme: - Schiene beobachten - Schiene provisorisch verlaschen - (Unverzögerlicher) Ausbau der Schiene Präventive Massnahme: - Verbesserung Schienenwerkstoff?		
Empfehlung	-	(Unverzögerlicher) Ausbau der Schiene	
	-	Schiene provisorisch verlaschen	
	-	Schiene beobachten	

2.2.13 Übermässiger seitlicher Verschleiss (Seitenverschleiss) [S-2203] und vertikaler Verschleiss [S-2204]

Merkmal SN-EN-17397 [2]	<p>Übermässiger seitlicher Verschleiss (Seitenverschleiss) [S-2203] entsteht durch Reibung zwischen Rad und Schiene aufgrund von Konstruktionskompromissen.</p> <p>Die Ausbreitung ist abhängig von Kurvenradius, Überhöhungsfehlbetrag / Überhöhung, Material- und Profilpaarung, unzureichender Schmierung sowie Achslast und Achsabstand der Fahrzeuge. Sie ist durch eine Verringerung des Schienenprofils an der Fahrkante gekennzeichnet.</p> <p>Er gilt als Fehler, wenn sein Ausmass für die Gleisstandhaltung schädlich ist (übermässige Spurerweiterung), zu einem Bruch durch Schwächung des Profils führen kann (beeinträchtigt die untere Kehle des Kopfs) oder die Kontaktgeometrie so verschlechtert, dass das Auftreten von Rollkontaktermüdung deutlich erhöht wird.</p> <p>Er tritt auf der Aussenseite von Kurven mit kleinem Radius auf, wenn die Reibung zwischen Rad und Schiene hoch ist.</p> <p>Ungleichmässiger seitlicher Verschleiss kann auch auf beiden Schienen gerader Strecken durch das Schlingern der Fahrzeuge verursacht werden.</p> <p>Übermässiger vertikaler Verschleiss [S-2204] wird durch Verkehrslasten und eine ungeeignete Material- und Profilpaarungen verursacht. Dies ist auch eine Hauptursache für Schlupfwellen [S-2202]</p> <p>Er nimmt mit zunehmender Verkehrsbelastung und Reprofilierung der Schienen zu. Er tritt normalerweise an der unteren Schiene in Bögen mit kleinem Radius auf, was auf Konstruktionskompromisse zurückzuführen ist. Nicht zu verwechseln mit Stauchung [S-223].</p>	
Bildliche Darstellung SN-EN-17397 [2]	<p><i>Übermässiger seitlicher Verschleiss</i></p> 	<p><i>Übermässiger vertikaler Verschleiss</i></p> 
Verortung	Gemäss Kapitelanfang oder [2], [3] und [4]	
Verwechslungsmöglichkeiten	- Stauchung [S-223]	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Schmierung - Profilpaarung - Materialpaarung 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Messung - Visuelle Prüfung 	
Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> - Eine generelle Empfehlung ist nicht möglich. Bei übermässigem Verschleiss muss die Schiene ausgetauscht werden. - Um den Verschleiss zu verringern, sind die Ursachen zu beseitigen. Dazu stellt die Systemführerschaft Interaktion eine Vielzahl von Lösungen zur Verfügung. <ul style="list-style-type: none"> o Optimierung der Spurkranzschmierung: o Anpassung der Rad-Schiene-Profilpaarung: o Verwendung verschleissfester Schienenstähle: o Reduktion der Querkräfte 	

2.2.14 Thermische Risse [Fehlercode S-XXXX]

Merkmal	Thermische Risse entstehen in Bereichen mit hohem Schlupf, typischerweise durch starkes Durchdrehen von Lokomotivrädern. Die Lauffläche wird durch Reibungshitze überhitzt, was zu Materialverdrängung und lokalen Gefügeveränderungen führt. Die Oberfläche zeigt raue Stellen, oft rund oder oval, mit metallischen Flie遝spuren und thermischen Risslinien. Diese Risse sind nicht der Rollkontaktermüdung (RCF) zuzuordnen, sondern ein eigenständiger thermisch induzierter Schaden.	
Bildliche Darstellung [RAILplus]		
Verortung	- Lauffläche der Schiene in Bereichen mit hohem Schlupf (z. B. Anfahrbereiche, Steilstrecken, Schleuderstellen).	
Verwechslungsmöglichkeiten	- Abblätterung (Flaking) - Ausbrüche (Spalling) - Fahrkantenausbruch - Head Checks	
Mögliche Ursache	- Hoher Schlupf → extreme Reibungshitze - Lokomotivräder mit mangelnder Traktionsregelung - Ungünstige Witterungsbedingungen (z. B. Nässe, Laub)	
Verfahren zur Feststellung	- Visuelle Inspektion - Ultraschallprüfung bei Verdacht auf tiefergehende Risse	
Auswirkungen	- Verbesserung der Traktionsverhältnisse und der Traktionssteuerung - Kontinuierliche Überwachung des Rissfortschritts, insbesondere bei Verdacht auf tiefergehende Schäden. - Beachtung der Materialeigenschaften: Durch Wärmeeinwirkung kann der Werkstoff spröde werden (Gefahr von WEL – White Etching Layer). - Folgeschäden vermeiden: Thermische Risse können im Extremfall zu grossflächigen Ausbrüchen oder sogar Schienenbruch führen.	
Empfehlung	Im Spätstadium, wenn Schadenstiefe höher als möglicher Fräsabtrag	Sofort Schienen wechseln, ggf. Ultraschalluntersuchungen
	Im Frühstadium, wenn Schadenstiefe niedriger als möglicher Fräsabtrag	Schienen schleifen oder fräsen je nach Schadenstiefe, ggf. Ultraschalluntersuchungen

2.2.15 Allgemeiner Fehler [Fehlercode S-XXXX]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um relevante Schadensbilder systematisch zu erfassen und zu behandeln.

2.3 Fahrbahn - Weichen [Fehlercode W-XXX]

Weichen sind sicherheitsrelevante und betrieblich hochbelastete Fahrbahnelemente. Ihre komplexe Geometrie und Funktion bedingen eine differenzierte Betrachtung im Schadenskatalog. Die vorliegende Systematik ermöglicht eine komponentenbezogene und schadensbezogene Zuordnung von Fehlern, um sowohl operative Instandhaltungsprozesse als auch das strategische Anlagenmanagement gezielt zu unterstützen. Sofern möglich sind die Fehler nach dem Schienenfehlercodes [S-XXXX], zu erfassen.

Für die Bewertung und Behandlung von Schäden gelten die einschlägigen Regelwerke, insbesondere:

- R RTE 22566: Einbau, Kontrolle und Unterhalt von Weichen – Meterspur [12]
- D RTE 22556: Kontrollmasse der Weichen [13]
- R RTE 22240: Schweissarbeiten an Schienen und Weichenbauteilen [14]

Die Zuordnung der Fehler erfolgt gemäss Abbildung 4, welche die relevanten Weichenkomponenten systematisch darstellt. Die Einträge sind so strukturiert, dass sie direkt in digitale Anlagemanagementsysteme überführt werden können.

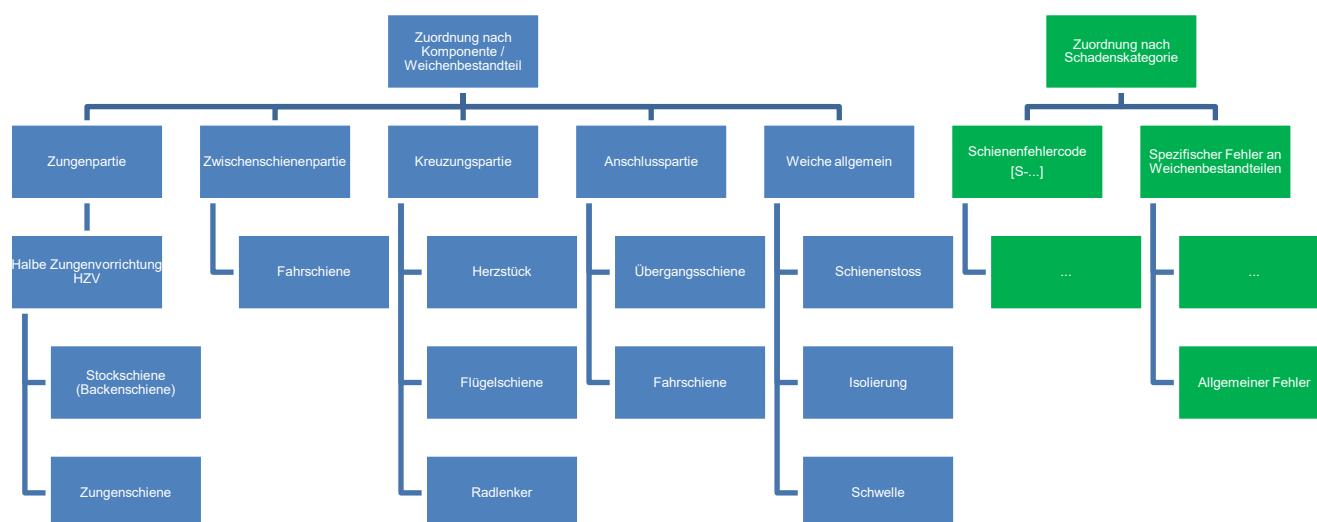


Abbildung 4: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Weichen

Nachfolgend wird die Zuordnung anhand von Beispielen erläutert:

- Ein Squat im Zungenbereich kann dem Weichenbestandteil Halbe Zungenvorrichtung sowie dem Schienenfehlercode Squat zugeordnet werden.
- Ein Verbogenes Herzstück ist dem Weichenbestandteil Herzstück und den spezifischen Schäden an Weichenbestandteilen zuzuordnen.
- Ein Bruch der Stockschiene (Backenschiene) kann dem Weichenbestandteil Halbe Zungenvorrichtung und dem Schienenfehlercode Querriss zugeordnet werden.

2.3.1 Zuordnung nach Schienenfehlercode [S-XXXX]

Wie bei anderen Fahrbahnelementen treten auch im Bereich von Weichen Schienenfehler auf, die durch den Schienenfehlercode [S-XXXX] beschrieben werden.

Nachfolgend sind typische Schienenfehler im Weichenbereich aufgeführt, jeweils mit Verweis auf den entsprechenden Fehlercode. Für deren Bewertung und Behandlung sind die einschlägigen Regelwerke und technischen Vorgaben (z. B. RTE, interne Richtlinien) zu berücksichtigen. Dabei werden Fehler mit besonderer Relevanz in diesem Kapitel detailliert behandelt. Dazu zählen Ausbrüche am Herzstück und/oder an den Flügelschienen, wie beispielsweise [Fehlercode S-1223 / S-2223] oder [Fehlercode S-1221 / S-2221], die im Abschnitt 2.3.4.2 vertieft behandelt werden.

Bildliche Darstellung [MGB]	<p style="text-align: center;"><i>S-2222 Fahrkantenausbruch</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>S-227 Squat</i></p> 
Bildliche Darstellung [MGB]	<p style="text-align: center;"><i>S-225 Schleuderstelle am Herzstück</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>S-223 Plastische Verformung / Überwälzung an Stockschiene</i></p> 

In den nachfolgenden Abschnitten wird auf ausgewählte Weichenspezifische Schädigungen eingegangen.

2.3.2 Schädigung an der Zungenpartie (Stockschiene / Zungenschiene) [Fehlercode W-1xx]

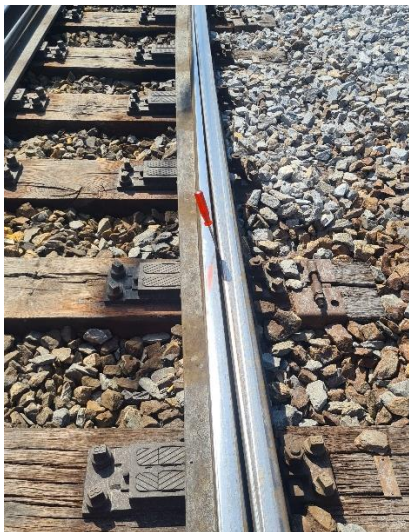

Im Zusammenhang mit der Zungenpartie von Weichen wird im Folgenden auf spezifische Schadensbilder eingegangen.

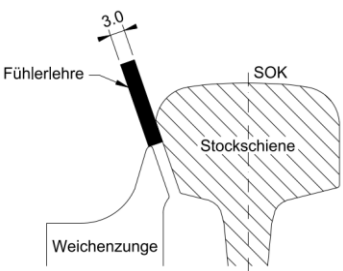
Die Regelwerke R RTE 22566 (Einbau, Kontrollen und Unterhalt der Weichen – Meterspur) [12] und D RTE 22556 (Kontrollmasse der Weichen – Meterspur) [13] sind hierbei relevant, insbesondere im Hinblick auf Verschleissreserven und Schäden an der Stock- und Zungenschiene, ebenso wie am Herzstück. Die Grenzwerte für die vertikale Abnutzung der Schiene im Bereich der Vollprofile richten sich nach RTE 22570 (Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Gleisen – Meterspur) [7] und sind bei Bewertung und Unterhalt massgebend.

2.3.2.1 Defekt an Zungenanschlagstollen (Risse oder Verbiegung) [Fehlercode W-110]



Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Der zugehörige Fehlercode [W-110] ist bereits reserviert, damit relevante Schadensbilder bei Bedarf zukünftig systematisch beschrieben und bewertet werden können.

2.3.2.2 Verbotene Zungenschiene [Fehlercode W-120]

Merkmal	Die Zungenschiene ist verbogen und liegt nicht mehr an der Backenschiene oder am Zungenanschlagstollen an.	
Bildliche Darstellung [MGB]	<i>Zungenschiene verbogen / liegt nicht mehr an Stockschiene an</i> 	<i>Zungenschiene liegt nicht mehr am Zungenanschlagstollen an</i> 
Verortung	hZV über gesamte Länge	
Verwechslungsmöglichkeiten	- keine	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Aufschneidung (Befahrung in nicht vorgesehener Weichenstellung) - Einklemmen Fremdkörper - Folgeschaden auf Grund Problemen mit Antrieb, Verschlüssen oder Weichenheizung 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Kontrolle Parallelität und Anliegen der Zungenschiene an Stockschiene resp. Zungenanschlagstollen gem. R RTE 22566 - Kontrolle des Klaffmasses an der Zungenspitze sowie der Durchgangswerte der abliegenden Zungenschiene - Verschlussproben an Spitzen- & Hilfsverschlüssen 	
Unmittelbare Abhilfemassnahme	Korrektive Massnahmen: <ul style="list-style-type: none"> - Die Weiche ist auf mechanische Schäden zu kontrollieren - Falls die Befahrbarkeit nicht gewährleistet ist, ist die Weiche zu verschrauben Präventive Massnahmen: <ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisierung Rangierpersonal 	

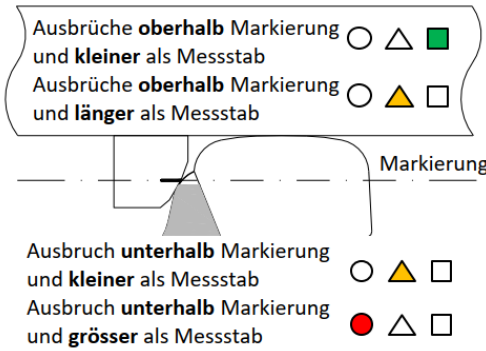
Auswirkung	- Einschränkung Betrieb (Sperrung der betroffenen Ablenkung oder der ganzen Weiche, Reduktion der Fahrgeschwindigkeit etc.)	
Kontrollvorgang gem. D RTE 22556 [13]	Kontrollbefund, Beurteilung und Massnahmen gem. D RTE 22556 Kap. 8.4 – 8.6 	
Sollzustand kann nicht mehr hergestellt werden	- Auswechseln der hZV oder des Verschlusses	
Min. ein Kriterium nicht erfüllt	- Zungenschiene neu richten - Verschlüsse neu einstellen - Optische Kontrolle auf Anrisse oder Brüche	
Alle Kriterien erfüllt	- Befahrbarkeit gewährleistet	

2.3.2.3 Materialausbrüche / Risse an der Zungenschiene [Fehlercode W-130]

Merkmal	An der Zungenschiene bilden sich Risse oder Materialausbrüche	
Bildliche Darstellung [MGB]	<p><i>Ausbruch und Rissbildung an Zungenschiene</i></p> 	<p><i>Ausbrüche an Fahrkante der Zungenschiene</i></p> 
Verortung	Lokal im Bereich der hZV über gesamte Länge	
Verwechslungsmöglichkeiten	- keine	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Schlagbeanspruchung - Materialermüdung 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Mittels Lehre 2 gemäss D RTE 22556 	
Unmittelbare Abhilfe-massnahme	<p>Korrektive Massnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bruchfläche ausschleifen - Falls die Befahrbarkeit nicht gewährleistet ist, ist die beschädigte Zungenschiene im abliegenden Zustand zu verschrauben - Auswechseln hZV <p>Hinweis: Auftragsschweissungen sind nur im Bereich des Schienenstosses möglich, in allen übrigen Bereichen / im beweglichen Teil der Zungenschiene sind Auftragsschweissungen gem. R RTE 22240 verboten.</p> <p>Präventive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion 	
Auswirkung	Das sichere Befahren der Weiche ist nicht mehr gewährleistet; insbesondere ist die Sicherheit gegen Entgleisen im Bereich der Zungenspitze und bei Materialausbrüchen nicht mehr gewährleistet. (Siehe ORE C70 Entgleisungssystem an der Weiche: Zungenspitze und Ausbrüche)	



Kontrollvorgang
gem. D RTE 22556
[13]

Kontrollbefund, Beurteilung und Massnahmen gem. D RTE 22556 Kap. 8.2.1



<p>● △ □</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Zungenschiene nicht mehr befahren, im abliegenden Zustand verschrauben - Auswechseln der hZV: Halbe Zungenvorrichtungen, welche Brüche oder Anrisse aufweisen, sind auszuwechseln. Die Beseitigung solcher Schäden durch Reparaturschweissungen bzw. durch Einschweissen von Schienenabschnitten ist untersagt
<p>○ ▲ □</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bruchfläche ausschleifen, Kontrollintervall erhöhen, Lebensdauer reduziert
<p>○ △ ■</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bruchfläche ausschleifen, Kontrollintervall erhöhen

2.3.2.4 Abgenutzte oder Verunreinigte Gleitplatten / Probleme mit Schmierung [Fehlercode W-140]

Merkmal	Die Gleitstühle der Zungengleitplatten sind abgenutzt oder verunreinigt. Die Gleitflächen von Stahlsätteln können auf Grund mangelhafter Schmierung korrodieren.	
Bildliche Darstellung [MGB]	<p><i>Abgenutzte Trockenlaufgleitplatten (EcoGliss)</i></p> 	<p><i>Korrodierte Gleitfläche eines Stahlsattels</i></p> 
Verortung	Zungengleitplatten	
Verwechslungsmöglichkeiten	- keine	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Normale Verschleisserscheinung bei Trockenlaufgleitplatten (z.B. «EcoGliss») - Verunreinigung infolge übermässiger oder unzureichender Schmierung, möglicherweise begünstigt durch Witterungseinflüsse oder andere Faktoren. 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Überprüfung gleichmässiges Aufliegen der Zungenschiene auf den Gleitplatten - Anstieg der Umstellkräfte, Weiche erreicht Endlage nicht mehr 	
Unmittelbare Abhilfe-massnahme	<p>Korrektive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trockenlaufende Platten austauschen - Übrige Gleitplatten reinigen und schmieren <p>Präventive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Überprüfung und Nachrüstung fehlender Umstellhilfen - Bei Neubeschaffung von Weichen sind Zungengleitplatten mit integriertem Rollensystem vorzusehen; trockenlaufende Platten sollen nicht mehr eingesetzt werden - Sichtprüfung des Schmierzustands im Rahmen der periodischen Streckenkontrollen; regelmässige Schmierung sicherstellen - Überwachung der Stellkräfte und Umstellzeiten 	

2.3.2.5 Defekte oder schlecht funktionierende / schlecht eingestellte Umstellrollen [Fehlercode W-150]

Merkmal	Umstellrollen zeigen eine einseitige Abnutzung / Flachstelle oder die Rollen können zerdrückt sein. Umstellrollen aus Metall können zu Abdrücken im Zungenfuss führen.	
Bildliche Darstellung [MGB]	<p><i>Flachstelle an einer Stahlumstellrolle</i></p> 	<p><i>Zerdrückte Kunststoffumstellrolle</i></p> 
Verortung	Umstellvorrichtungen Zungenvorrichtung	
Verwechslungsmöglichkeiten	- keine	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Blockierte Rollen durch Schmutz- oder Schmierfettablagerungen - Blockierte Rollen durch falsche Höheneinstellung - Defekte Rollen auf Grund Materialermüdung/-alterung - Seitlich an Platten befestigte Rollen durch Stopfmaschine beschädigt 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Überprüfung gleichmässiges Aufliegen der Zungenschiene auf den Gleitplatten und Aufliegen der Zungenschiene auf den Rollen während Umstellvorgang - Anstieg der Umstellkräfte, Weiche erreicht Endlage nicht mehr 	
Unmittelbare Abhilfemassnahme	<p>Korrektive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Höheneinstellung der Rollen überprüfen und justieren - Austausch defekter Rollen oder Rollenkasstetten <p>Präventive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Materialwahl und Anordnung der Rollen bewerten und ggf. anpassen - Bei Neubeschaffung: Umstellvorrichtungen mit einstellbaren Rollenkasstetten sowie Zungengleitplatten mit integrierten Rollensystem wählen. Seitliche Anordnung von Rollensystemen im Schwellenfach falls möglich vermeiden. 	

2.3.2.6 Allgemeiner Fehler an der Zungenpartie (Stockschiene / Zungenschiene) [Fehlercode W-199]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um relevante Schadensbilder systematisch zu erfassen und zu behandeln.

2.3.3 Schädigung an der Zwischenschienenpartie [Fehlercode W-2xx]

Im Bereich der Zwischenschienenpartie von Weichen ist besonders darauf zu achten, dass die vertikale Abnützung der Schienen im Bereich des Vignolprofils die Grenzmasse gemäss R RTE 22570 (Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Gleisen – Meterspur) unter keinen Umständen überschreitet.

Aktuell sind keine spezifischen Schadensbilder bekannt, die eine detaillierte Darstellung in diesem Abschnitt rechtfertigen würden. Sollte künftig entsprechender Handlungsbedarf entstehen, kann dieser Abschnitt erweitert werden, um relevante Schadensbilder systematisch zu erfassen und zu bewerten. Für diesen Zweck ist der Fehlercodebereich [W-2xx] reserviert.

2.3.3.1 Allgemeiner Fehler an der Zwischenschienenpartie [Fehlercode W-299]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um relevante Schadensbilder systematisch zu erfassen und zu behandeln.

2.3.4 Schädigung an der Kreuzungspartie (Flügelschienen, Herzstück, Radlenker) [Fehlercode W-3xx]

Im Zusammenhang mit der Kreuzungspartie von Weichen wird im Folgenden auf spezifische Schadensbilder eingegangen. Für die genaue Verortung einzelner Schäden wird auf die Schnitte A / B / C gemäss folgender Abbildung verwiesen.

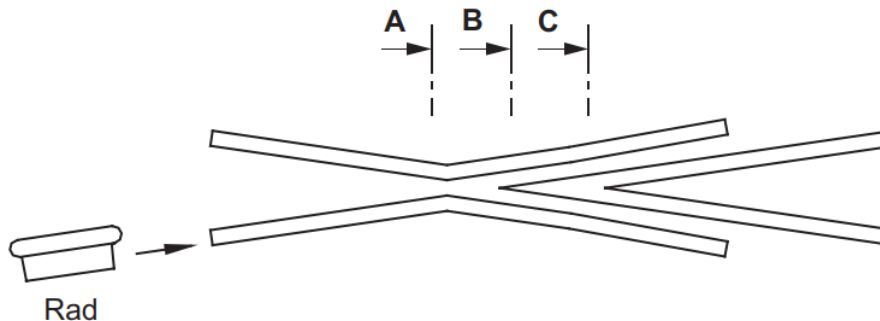


Abbildung 5: Kreuzungspartie Schnitte A/B/C gem. D RTE 22540

2.3.4.1 Verschleiss an Flügelschienen und Herzstück [Fehlercode W-310]



Der Verschleiss an Flügelschienen und Herzstücken ist nicht direkt geregelt, sondern ergibt sich aus den zulässigen Spurweiten und Leitweiten gemäss D RTE 22556 (Kontrollmasse der Weichen – Meterspur) [13][12].

Im Bereich der Vollprofile gelten die Grenzmasse gemäss R RTE 22570 [7] (Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Gleisen – Meterspur) als massgebend.

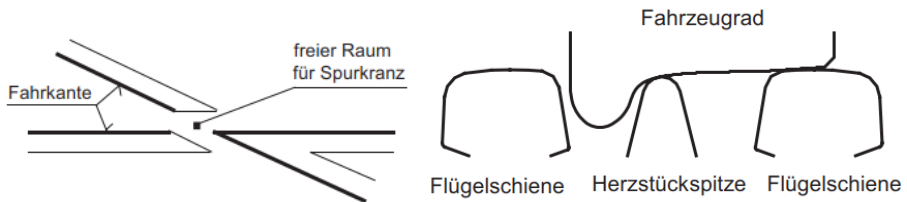


Schädigungen an der Herzstückspitze, wie Verschleiss oder Verbiegung, sind besonders kritisch. Angaben zur Spitzenabsenkung können dem Anhang A5.2 der R RTE 22240 (Schweissarbeiten an Schienen und Weichenbauteilen – Normalspur und Meterspur) [14] entnommen werden.

2.3.4.2 Ausbrüche am Herzstück und/oder Flügelschienen [Fehlercode W-320]



Ausbrüche am Herzstück und/oder Flügelschienen sind nach dem Schienenfehlercode [S-xxxx] zu erfassen.

Merkmal	Am Herzstück oder den Flügelschienen bilden sich Ausbrüche an der Fahrkante.	
Bildliche Darstellung [MGB]	<p><i>Ausbrüche an der Flügelschiene</i></p> 	<p><i>Ausbrüche am Herzstück</i></p> 
Verortung	- Herzstückbereich	
Verwechslungsmöglichkeiten	- keine	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Ausbrüche auf Grund von zusammengewachsenen Head Checks [Fehlercode S-1223 / S-2223] - Abblätterung und Ausbrüche auf der Fahrfläche «Spalling» [Fehlercode S-1211 / S-2211] - Fahrkantenausbruch «Shelling» [Fehlercode S-1221 / S-2221] - Fehlerhafte Auftragsschweissung - Schlagbeanspruchung - Mangelhaftes Schleifen 	
Verfahren zur Feststellung	- Visuelle Inspektion	
Unmittelbare Abhilfemassnahme	<p>Korrektive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fehlerstelle weiter beobachten - Schleifen - Ausbessern durch Auftragsschweissung gem. R RTE 22240 - Wechsel Herzstück inkl. Überprüfung der Werkstoffwahl <p>Präventive Massnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Werkstoffwahl - Bewertung Herzstück - Qualität Auftragsschweissungen verbessern - Frühzeitiges und regelmässiges Schleifen von Überwetzungen und kleineren Headchecks 	

2.3.4.3 Angefahrene Herzstückspitze [Fehlercode W-330]

Merkmal	<p>Durch die Unterbrechung der Fahrkante im Bereich des Kreuzungspunktes wird die Kontinuität des Fahrzeuglaufes gestört und es kommt zu einer schlagartigen Beanspruchung des Herzstücks im Radüberlaufbereich.</p> <p>Die Auflageverhältnisse des Rades sind im Bereich des Überlaufs von der Flügelschiene auf die Herzstückspitze (Abbildung 5 Schnitt B) nicht ideal. Die Folge können in ungünstigen Fällen verbogene oder gebrochene Herzstückspitzen sein.</p> 	
Bildliche Darstellung	<p><i>Angefahrene Herzstückspitze</i></p> 	<p><i>Gebrochene Herzstückspitze</i></p> 
Verortung	Herzstückspitze	
Verwechslungsmöglichkeiten	- keine	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Schlechter Fahrzeuglauf - Abweichung bei Spur-, Leit- und / oder Rillenweiten - Schlagbeanspruchung 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Auflegen eines Lineals, Kontrolle Spitzenabsenkung / Lage des 0-Punktes der Herzstückspitze (R RTE 22240 A5.2) 	
Unmittelbare Abhilfemassnahme	<p>Korrektive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Herzstückspitze beobachten - Wiederherstellen Spitzengeometrie durch Schleifen und Auftragsschweissen gem. R RTE 22240 - Wechsel Herzstück <p>Präventive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prüfung Spur-, Leit- und / oder Rillenweiten 	

2.3.4.4 Angefahrenes Herzstück [Fehlercode W-340]


Merkmal	Unregelmässige Anfahrspuren im gesamten Herzstückbereich. Auf der Herzstückspitze sind insbesondere im Bereich des Schnitt C (Abbildung 5) Anfahrspuren auf Grund von mehreren Radauflagepunkten erkennbar.	
Bildliche Darstellung	<i>Herstückpartie mit Anfahrspuren Hohlläufer</i> 	<i>Herstückpartie mit Anfahrspuren Hohlläufer</i> 
Verortung	Herzstückpartie	
Verwechslungsmöglichkeiten	- keine	
Mögliche Ursache	- Fahrzeuge mit hohllaufenden Rädern	
Verfahren zur Feststellung	- Visuelle Inspektion	
Unmittelbare Abhilfemassnahme	Korrektive Massnahmen: <ul style="list-style-type: none"> - Schleifen - Auftragsschweissen gem. R RTE 22240 [14] - Wechsel Herzstück Präventive Massnahmen: <ul style="list-style-type: none"> - Betroffene Fahrzeuge ausser Betrieb nehmen 	
Auswirkungen	- Lärm	

2.3.4.5 Schädigung am Radlenker [Fehlercode W-350]

Merkmal	<ul style="list-style-type: none"> - Abgefahrener Radlenker - Gebrochener / Gerissener Radlenker - Gebrochene / Gerissene Radlenkerstütze - Gebrochene Radlenkerschrauben 	
Bildliche Darstellung	<i>Abnutzung Radlenker</i>	<i>Gebrochene Radlenkerschrauben</i>
		
Verortung	Radlenker	
Verwechslungsmöglichkeiten	- keine	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Zu enge oder erweiterte Spur-, Leit- und / oder Rillenweiten - Schlechte Spurführung, Anfahrwinkel 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Kontrolle der Spur-, Leit- und Rillenweiten gem. Kontrollmassen der D RTE 22556 	
Unmittelbare Abhilfemassnahme	<p>Korrektive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leit- und Rillenweiten justieren - Gebrochene Schrauben ersetzen, Dimensionierung ggf. anpassen - Defekte Radlenkerstützen reparieren oder ersetzen - Radlenker austauschen <p>Präventive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dimensionierung der Schrauben beurteilen und ggf. anpassen - Konstruktion Radlenkerstützen beurteilen und ggf. anpassen 	
Auswirkungen	- Lärm	
Bestimmungen gem. R RTE 22566 [13]	Abweichung Leitweite > 6mm	- Austausch Radlenker
	Abweichung Leitweite < 6mm	- Hinterfütern der Radlenker mit Regulierungsblechen

2.3.4.6 Allgemeiner Fehler an der Kreuzungspartie (Flügelschienen, Herzstück, Radlenker) [Fehlercode W-399]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um relevante Schadensbilder systematisch zu erfassen und zu behandeln.

LO 2025 P4.2	Schadenskatalog Fahrbahn	
		Seite 54 / 92

2.3.5 Schädigung an der Anschlusspartie (Übergangs- und Fahrschienen) [Fehlercode W-4xx]

Im Bereich der Übergangs- und Fahrschienen von Weichen ist besonders darauf hinzuweisen, dass die vertikale Abnutzung der Schienen im Bereich des Vignolprofils die Grenzmasse gemäss R RTE 22570 (Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Gleisen – Meterspur) [7] nicht überschreiten darf.

Derzeit sind keine spezifischen Schadensbilder bekannt, die eine ausführliche Behandlung in diesem Abschnitt rechtfertigen würden. Sollte künftig ein entsprechender Bedarf entstehen, kann dieser Abschnitt ergänzt werden, um relevante Schadensbilder systematisch zu erfassen und zu bewerten.


2.3.5.1 Allgemeiner Fehler an der Anschlusspartie (Übergangs- und Fahrschienen) [Fehlercode W-499]

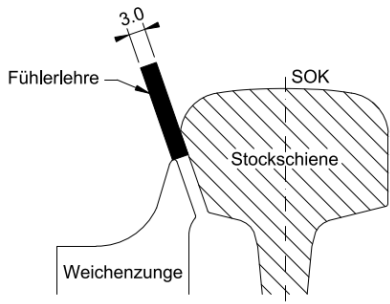
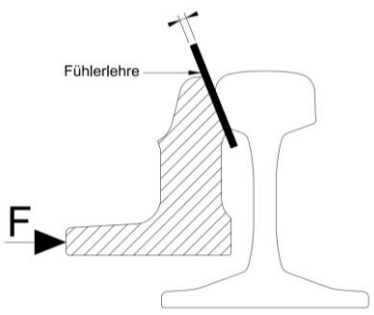
Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um relevante Schadensbilder systematisch zu erfassen und zu behandeln.

2.3.6 Allgemeine Fehler an Weichen [Fehlercode W-5xx]

Im vorliegenden Schadenskatalog umfasst die Kategorie Allgemeine Fehler sämtliche Schädigungen, die nicht eindeutig einer spezifischen Weichenpartie oder einem bestimmten Weichenbauteil zugeordnet werden können.

2.3.6.1 Allgemeiner Fehler: Defekt an Weichenverschluss / Antrieb [Fehlercode W-510]



Merkmal	Auffälligkeiten an Weichenverschlüssen / Antrieb <ul style="list-style-type: none"> - Weiche erreicht Endlage nicht - Störung Lageüberwachung - Anstieg Umstellzeiten - Störung Antrieb
Bildliche Darstellung	<p style="text-align: center;"><i>Gestänge steht seitlich an Hohlschwelle an</i></p> 
Verortung	Weichenverschlüsse / Weichenantrieb
Verwechslungsmöglichkeiten	- keine
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Gestänge verschoben oder verbogen auf Grund schlechtem / zu grossem Kraftfluss oder Schlagbeanspruchung im Bereich der Verschlüsse - Mechanik blockiert durch Fremdkörper im Schotterkasten / Hohlschwelle (z.B. Schottersteine) - Verschlüsse oder Antriebskräfte falsch eingestellt - Lose Bolzen oder Schrauben - Beschädigte elektrische Anschlüsse / Kabel
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Messung Umstellkräfte / -zeiten - Visuelle Inspektion mechanischer Bauteile auf Deformation oder Blockierung - Verschlussprobe und Klaffmassprüfungen gem. D RTE 22556
Unmittelbare Abhilfemassnahme	<p>Korrektive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verschlüsse und Gestänge auf Beschädigungen prüfen und ggf. justieren - Falls Befahrbarkeit nicht gewährleistet, ist die Weiche bis zur Wiederherstellung des Soll-Zustandes zu verschrauben - Beschädigte Bauteile ersetzen <p>Präventive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Überwachung Stellkräfte und Umstellzeiten
Auswirkung	- Folgeschäden an Mechanik oder Antrieb


Kontrollvorgang gem. D RTE 22556 [13]	Klaffmassprüfung gem. D RTE 22556 	Verschlussprobe gem. D RTE 22556 
	- Klaffmass > 3 mm und/oder Verschlussprobe zeigt Endlage im Stellwerk	- Befahrbarkeit ist nicht gewährleistet - Sollzustand kann durch folgende Massnahmen wieder hergestellt werden: <ul style="list-style-type: none"> • Einstellen Verschlüsse • Zungenschiene richten
	- Klaffmass > 3 mm und/oder Verschlussprobe zeigt Endlage im Stellwerk (Sollzustand kann nicht wieder hergestellt werden.)	- Befahrbarkeit ist nicht gewährleistet - Die Weiche ist zu verschrauben - hZV oder die Verschlüsse auswechseln
- Klaffmass < 3 mm und Verschlussproben zeigen keine Endlage im Stellwerk	- Befahrbarkeit gewährleistet	

2.3.6.2 Allgemeiner Fehler: Weichenheizung defekt [Fehlercode W-520]

Merkmal	<p>Die Weichenheizung ist beschädigt und funktioniert nicht oder nur noch teilweise. Der Schnee schmilzt auf Grund der fehlenden oder ungenügenden Heizleistung nicht vollständig. Durch das Umstellen der Weiche wird der Schnee im Zungenbereich zusätzlich verpresst, was zu einer Eisbildung führen kann. Die Weiche lässt sich in der Folge nicht mehr vollständig umstellen / erreicht keine Endlage mehr.</p> <p>Gasbetriebene Weichenheizsysteme weisen zusätzliche potenzielle Fehlerquellen auf. Aufgrund ihrer geringen Verbreitung werden diese spezifischen Fehlerursachen in der vorliegenden Fehlerbeschreibung nicht im Detail behandelt.</p>	
Bildliche Darstellung	<i>Aktuell sind keine Abbildungen vorhanden. Bei Bedarf kann dieser Abschnitt zukünftig ergänzt werden.</i>	<i>Aktuell sind keine Abbildungen vorhanden. Bei Bedarf kann dieser Abschnitt zukünftig ergänzt werden.</i>
Verortung	- Zungenpartie	
Verwechslungsmöglichkeiten	- keine	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Heizstab defekt - Störung im Heizstromkreis: Stromversorgung unterbrochen, elektrische Anschlüsse / Kabel beschädigt - Ausfall Steuerung - Heizleistung ungenügend 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Störungsmeldung durch Fahrdienst / Betriebsleitzentrale - Visuelle Inspektion: Eisbildung / Schnee schmilzt nicht 	
Unmittelbare Abhilfemassnahme	<p>Korrektive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Betrieb einschränken - Schnee / Eis entfernen - Defekte Bauteile auswechseln, Stromversorgung sicherstellen <p>Präventive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vor Wintereinbruch Weichenheizungen auf Funktionsfähigkeit und Beschädigungen überprüfen - Anzahl und Leistung der Heizstäbe den klimatischen Umgebungsbedingungen anpassen - Sensibilisierung Betriebsleitzentrale Problematik Schneeverpressung / Eisbildung auf Grund Weichenumstellungen 	
Auswirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Einschränkung Betrieb - Entgleisung möglich - Folgeschäden an Bauteilen, Verformung der Zungenschiene 	

2.3.6.3 Allgemeiner Fehler: Riss in der Schiene oder Schweissnaht [Fehlercode W-530 oder S-XXXX]
Risse in der Schiene oder der Schweissnaht sind nach Möglichkeit nach dem Schienenfehlercode [S-xxxx] zu erfassen.

Merkmal	Im Bereich der Vollprofilschienen bilden sich Anrisse. In einem späteren Stadium kommt es zu einem Schienen- oder Schweissbruch.	
Bildliche Darstellung	<p><i>Notverlaschung Schweissbruch in der Zwischenschienenpartie</i></p> 	<p><i>Schiemenbruch in der hZV</i></p> 
Verortung	- Ganze Weiche	
Verwechslungsmöglichkeiten	- keine	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Schlechte Schweissqualität - Schienenfehler wurden nicht rechtzeitig beseitigt - Materialermüdung, Hohlliegende Schwellen - Querriss [S-111 / S-211], Querriss in Schweissnähten [S-411 / S-421 / S-431] - Horizontaler Riss im Kopf [S-112 / S-212], im Steg oder im Steg von Schweissnähten - Vertikaler Riss in Längsrichtung des Kopfs [S-113 / S-213], im Steg oder des Fusses 	
Verfahren zur Feststellung	- Visuelle Inspektion	
Unmittelbare Abhilfe-massnahme	<p>Korrektive Massnahmen: Gem. R RTE 22566 gilt:</p> <p>Schaden liegt in der Zwischenschienen- oder Anschlusspartie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Notverlaschung einbauen - Zulässige Fahrgeschwindigkeit anpassen <p><i>Hinweis:</i> Bei horizontalen Anrissen ist dies angesichts der potenziellen Gefahr horizontaler Trennung Schienenkopf/-steg untersagt.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schaden ist durch Einschweissen von min. 4m langen Schienenabschnitten zu beseitigen <p>Schaden liegt in der hZV oder im Herzstück:</p> <ul style="list-style-type: none"> - hZV oder Herzstück ist gesamthaft auszuwechseln. - Die Beseitigung solcher Schäden durch Reparaturschweissungen bzw. durch Einschweissen von Schienenabschnitten ist untersagt. <p>Präventive Massnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beobachtung Schienen hinsichtlich Bildung von Schienenfehlern - Ultraschallmessung 	
Auswirkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Entgleisung - Betrieb über Weiche eingeschränkt oder nicht möglich 	

LO 2025 P4.2	Schadenskatalog Fahrbahn	 Seite 59 / 92

2.3.6.4 Allgemeiner Fehler: fehlende Schmierung / grosse Ansammlung von Schmiermittel
[Fehlercode W-540]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um eine gezielte Schadensbewertung zu ermöglichen...

2.4 Fahrbahn - Dilatationsvorrichtung [Fehlercode D-xxx]

Eine Dilatationsvorrichtung ist ein Fahrbahnelement zur Aufnahme temperaturinduzierter Längenänderungen der Schienen. Sie gewährleistet dabei die kontinuierliche und betriebssichere Führung des Fahrwegs. Der Einbau erfolgt insbesondere in Bereichen mit ausgeprägten Temperaturschwankungen sowie an Bauwerken wie Brücken, wo die freie Längsbewegung der Schienen konstruktiv eingeschränkt ist.

Im Meterspurbereich kommen Dilatationsvorrichtungen nur vereinzelt zum Einsatz. Aufgrund der hohen Investitions- und Unterhaltskosten wird ihr Einbau nach Möglichkeit vermieden, sofern technisch gleichwertige Alternativen zur Verfügung stehen. Weiterführende Informationen sind dem R RTE 29010 (Interaktion Gleis/Brücke) [15] zu entnehmen.

Dilatationsvorrichtungen sind aufgrund ihrer Funktion ähnlich zu betrachten wie Weichen. Daher gelten die grundsätzlichen Überlegungen zur sicherheitsrelevanten Bedeutung und zur systematischen Schadenszuordnung analog, wie sie in der Einleitung des Kapitels Weichen beschrieben sind.

Insbesondere ist die geometrische Kontrolle der halben Zungenvorrichtung (hZV) gemäss D RTE 22556 [13], Kapitel 8, auch für Dilatationsvorrichtungen anzuwenden. Zudem ist das Auftragsschweissen an Dilatationsvorrichtungen gemäss R RTE 22240 [14], Kapitel 7.1.4, grundsätzlich verboten. Diese Vorgabe ist zwingend zu beachten, um die Integrität und Funktionsfähigkeit der Bauteile zu gewährleisten.

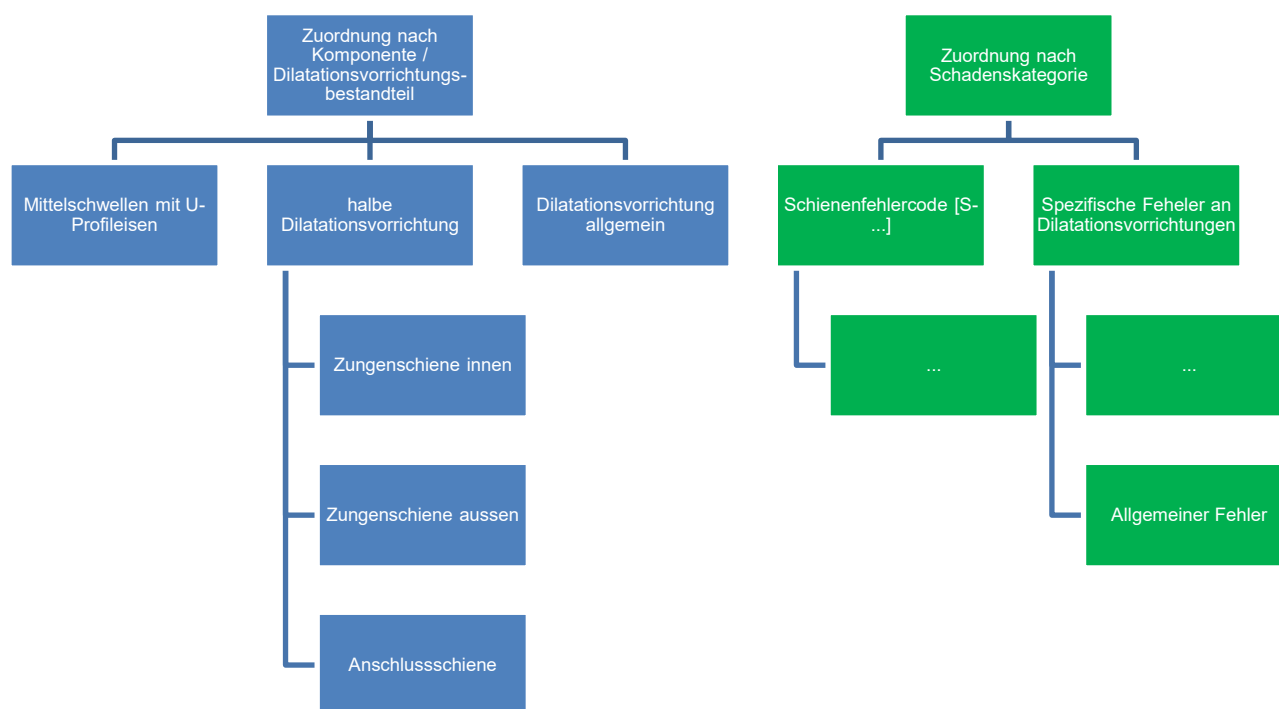


Abbildung 6: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Dilatationsvorrichtungen

Derzeit wurden für die Dilatationsvorrichtung keine spezifischen Schadensbilder ausgearbeitet, da bislang kaum praktischer Bedarf oder systematische Schadenshäufungen festgestellt wurden. Im Bereich der Dilatation können jedoch – analog zur Weiche – Schienenfehler auftreten, wie sie beispielsweise nach S-XXXX bekannt sind.

2.4.1 Schädigung an Mittelschwellen mit U-Profileisen [Fehlercode D-1xx]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um relevante Schadensbilder systematisch zu erfassen und zu behandeln.

2.4.1.1 Allgemeiner Fehler an Mittelschwellen mit U-Profileisen [Fehlercode D-199]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um allgemeine Schadensbilder und Massnahmen im Zusammenhang mit Dilatationsvorrichtungen darzustellen.

2.4.2 Schädigung an halber Dilatationsvorrichtung [Fehlercode D-2xx]

Schäden an der halben Dilatationsvorrichtung können die innere und die äussere Zungenschiene sowie die Anschlussschiene betreffen. Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um eine gezielte Schadensbewertung zu ermöglichen.

2.4.2.1 Allgemeiner Fehler an halber Dilatationsvorrichtung [Fehlercode D-299]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um allgemeine Schadensbilder und Massnahmen im Zusammenhang mit Dilatationsvorrichtungen darzustellen.

2.5 Fahrbahn – Schienenstoss mit Lasche [Fehlercode ST-xxx]

Die Schädigungen an Schienenstössen mit Lasche werden nach Art der Lasche (Komponente, siehe blaue Kacheln) sowie der Art der Schädigung (grüne Kacheln) zugeordnet. Analog dem Fachdatenkatalog der SBB werden der Schienenstoss isoliert mit Lasche und Schienenstoss nicht isoliert mit Lasche unterschieden.

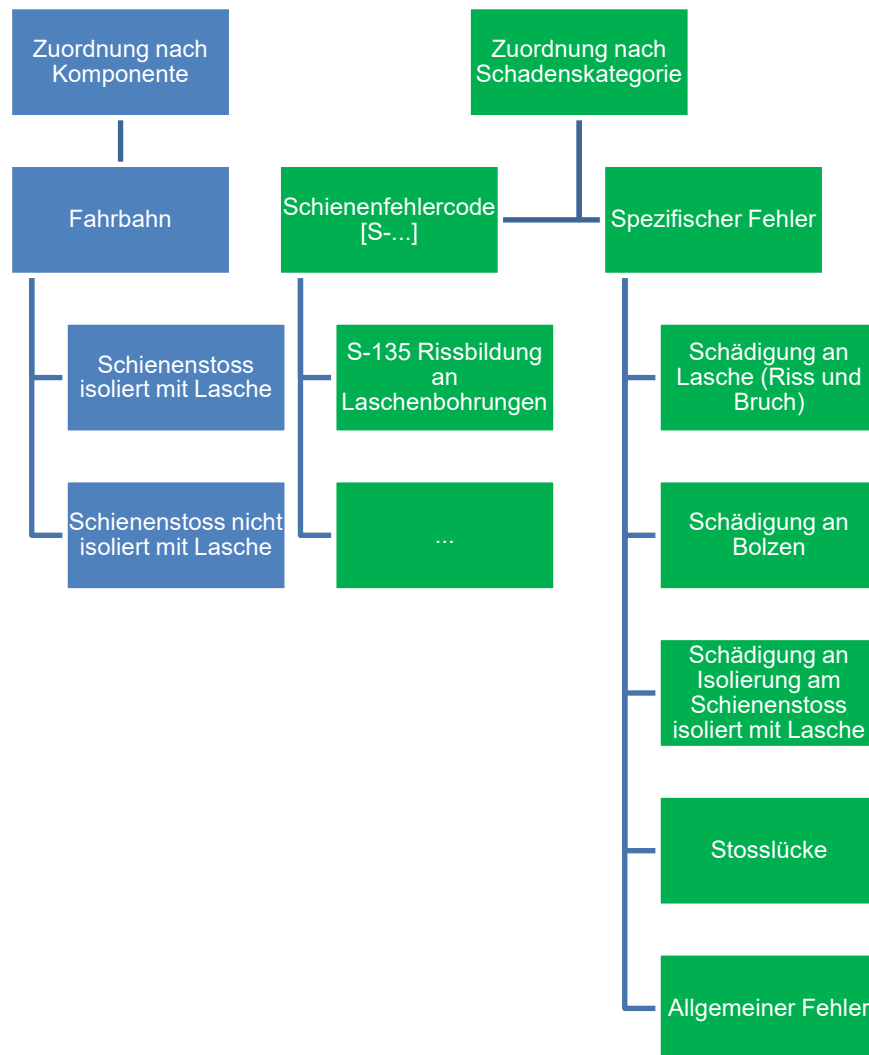


Abbildung 7: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Schienenstoss mit Lasche


Schädigungen im Bereich eines Schweissstosses (Squat, Riss oder Schalen) oder von Bohrungen (Bruch, Riss oder Bohrlochausbrüche) werden als Schienenfehler klassifiziert. Diese werden **nicht** dem Schienenstoss mit Lasche zugeordnet.

Ein Horizontaler Riss im Steg von Schweissnähten [S-412 / S-422 / S-432] ist beispielsweise gemäss dem Kapitel Schienenfehler, Abschnitt 2.2.11, zu erfassen.


Ein Riss in einer Laschenbohrung ist dem Schienenfehler S-135 zuzuordnen. Da es sich in diesem Fall nicht um eine Schädigung im Zusammenhang mit der Interaktion handelt und dieser Fehler nur selten auftritt, erfolgt in diesem Dokument keine Behandlung dieser spezifischen Schädigung. Es wird auf die SN EN 17397-1 [2] verwiesen.

In den nachfolgenden Abschnitten wird auf ausgewählte spezifische Schädigungen eingegangen.



2.5.1 Schädigung an Lasche (Riss und Bruch) [Fehlercode ST-110]

Merkmal	Schädigungen an Laschen wie Risse und Brüche entstehen meist durch mechanische Überlastung, Materialermüdung oder fehlerhafte Montage.	
Bildliche Darstellung [RhB]	<p style="text-align: center;"><i>Riss an Isolierlasche</i></p> 	
Verortung	- Häufig an hochbelasteten Stellen wie Weichen, Übergängen oder Kurven	
Verwechslungsmöglichkeiten	- Schäden an benachbarten Komponenten (z. B. Bolzen oder Schiene selbst)	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Übermäßige mechanische Belastung (z. B. durch Überwalzung oder Stosskräfte) - Materialfehler oder -ermüdung - Unsachgemässe Montage (z. B. zu hohe oder zu geringe Vorspannung) - Alterung oder Korrosion der Lasche 	
Verfahren zur Feststellung	- Visuelle Prüfung auf Risse, Brüche oder Deformationen	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	- Gleissperrung
	Abhilfemassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Austausch der beschädigten Lasche - Kontrolle und ggf. Austausch der Verbindungselemente (z. B. Bolzen) - Temporäre Sicherung der Stelle bis zur vollständigen Instandsetzung


2.5.2 Schädigung an Bolzen [Fehlercode ST-120]

Merkmal	Schädigungen an Bolzen – etwa Risse, Brüche oder Lockerungen – sind häufig Folge dynamischer Belastungen, Korrosion oder Montagefehler. Sie beeinträchtigen die sichere Verbindung zwischen Lasche und Schiene und somit die strukturelle Integrität der Schienenverbindung.	
Bildliche Darstellung [RhB]	<p style="text-align: center;"><i>Fehlender / gebrochener Bolzen an Lasche von Schienenstoss isoliert.</i></p> 	
Verortung	- Häufig an hochbelasteten Stellen wie Weichen, Übergängen oder Kurven	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Korrosionsschäden, die nicht zu struktureller Schwächung führen - Schäden an der Lasche oder Isolierzwischenlage, die fälschlich dem Bolzen zugeordnet werden 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Materialermüdung durch dynamische Belastung - Korrosion durch Feuchtigkeit und Streusalz - Vibrationen und Stossbelastungen im Betrieb 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Sichtprüfung auf Risse, Deformation oder Korrosion - Kontrolle des Anzugsdrehmoments 	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	- Gleissperrung
	Abhilfemassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Austausch beschädigter oder gelockerter Bolzen - Kontrolle und ggf. Austausch der zugehörigen Lasche - Sicherung der Verbindung bis zur vollständigen Instandsetzung
	Vorbeugende Massnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Regelmässige Kontrolle des Anzugsdrehmoments - Verwendung korrosionsbeständiger Bolzenmaterialien - Einsatz von Sicherungselementen gegen selbstständiges Lösen

2.5.3 Schädigung an Isolierung am Schienenstoss isoliert mit Lasche [Fehlercode ST-130]

Merkmal	<p>Schädigungen am Isolierstoss (Schienenstoss isoliert mit Lasche) treten in verschiedenen Formen auf und betreffen die Funktion und Integrität der elektrischen Trennung zwischen zwei Schienen. Typische Schadensbilder sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebrochene oder verschlissene Isolierzwischenlagen - Überwalzung im Bereich des Isolierstosses - Offene Isolierstösse mit sichtbarer Lücke <p>Diese Schädigungen können einzeln oder kombiniert auftreten und führen zu elektrischen, mechanischen oder strukturellen Beeinträchtigungen.</p>	
Bildliche Darstellung	<p><i>Überwalzung am Isolierstoss</i></p> 	<p><i>Gebrochene oder verschlissene Isolierzwischenlagen</i></p> 
Verortung	<ul style="list-style-type: none"> - Zwischen den Schienenenden im Bereich des Isolierstosses - Direkt unter der Lasche oder zwischen Lasche und Schiene - Häufig an Stellen mit hoher Achslast, schlechter Gleislage oder thermischer Beanspruchung 	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Verschmutzung oder Ablagerungen, die wie eine Schädigung wirken - Schäden an der Lasche oder Bolzen, die fälschlich der Isolierlage zugeordnet werden - Alterungserscheinungen ohne funktionale Beeinträchtigung 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Mechanische Überlastung (z. B. durch Überwalzung, Stosskräfte, Flachstellen) - Alterung des Isoliermaterials (Versprödung, Delamination) - Versagen der Klebung bei geklebten Isolierstössen - Thermische Längenausdehnung ohne ausreichenden Spielraum - Feuchtigkeitseintritt und Frostsprengung - Fehlerhafte Montage oder unzureichende Klebung bei geklebten Isolierstössen - Überrollen des Isolierstosses durch Fahrzeuge mit Flachstellen oder hohen Radkräften 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Prüfung auf Risse, Ablösungen, plastische Verformungen oder Lücken - Prüfung der elektrischen Isolationswirkung 	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Austausch der Isolierzwischenlage - Abtragen von Überwalzungen (z. B. durch Schleifen) - Kontrolle und ggf. Nachstopfen der Gleislage - Nachjustierung oder Ersatz bei offenen Isolierstössen
	Abhilfemassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Erneuerung des gesamten Isolierstosses bei struktureller Beeinträchtigung - Verwendung hochwertiger, witterungsbeständiger Isoliermaterialien - Regelmässige Prüfung der elektrischen Trennung - Schulung des Personals zur fachgerechten Montage und Inspektion
	Vorbeugende Massnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Optimierung der Gleislage im Bereich von Isolierstössen

2.5.4 Stosslücke am Schienenstoss nicht isoliert mit Lasche [Fehlercode ST-140]

Merkmal	Abweichungen an den Stosslücken (eines Schienenstosses nicht isoliert mit Lasche), insbesondere eine übermässige Spaltgrösse, können zu lokalen Spannungsspitzen und dynamischen Überlastungen führen, die Materialversagen an den Schienenenden begünstigen. Rissbildungen und Ausbrüche sind typische Folgeschäden solcher nicht konformer Schienenstösse. Sie weisen auf unzureichende Lückenjustierung oder thermisch bedingte Längenänderungen hin und müssen als Schädigungen des Schienenstosses betrachtet und behoben werden.																																																											
Bildliche Darstellung [RhB]	<p style="text-align: center;"><i>Stosslücke</i></p> 																																																											
Verortung	- Zwischen den Schienenenden, sichtbar als Spalt																																																											
Verwechslungsmöglichkeiten	- Offener Isolierstoss am Schienenstoss isoliert mit Lasche																																																											
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Thermische Längenausdehnung oder -verkürzung der Schiene - Fehlerhafte Montage mit unzureichender Lückenjustierung - Materialermüdung oder Setzungen im Unterbau - Verschiebung der Gleislage durch dynamische Belastung 																																																											
Verfahren zur Feststellung R RTE 22541 [6]	<ul style="list-style-type: none"> - Sichtprüfung und Messung der Stosslücke mit Fühlerlehre - Abgleich mit Vorgabewert von Stosslücken nach R RTE 22541 Ziffer 21.2.3 <table border="1" data-bbox="435 1370 1206 1944"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Schientemperatur bei Montage [°C]</th> <th colspan="3">Schienenlänge [m]</th> </tr> <tr> <th>15</th> <th>24</th> <th>30 und mehr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>+35</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>+30</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>+25</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>+20</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>+15</td><td>4</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>+10</td><td>5</td><td>7</td><td>9</td></tr> <tr><td>+5</td><td>5</td><td>8</td><td>11^{a)}</td></tr> <tr><td>0</td><td>6</td><td>10^{a)}</td><td>12^{a)}</td></tr> <tr><td>-5</td><td>7</td><td>11^{a)}</td><td>14^{a)}</td></tr> <tr><td>-10</td><td>8</td><td>13^{a)}</td><td>16^{a)}</td></tr> <tr><td>-15</td><td>9</td><td>14^{a)}</td><td>-</td></tr> <tr><td>-20</td><td>10^{a)}</td><td>15^{a)}</td><td>-</td></tr> <tr><td>-25</td><td>10^{a)}</td><td>16^{a)}</td><td>-</td></tr> </tbody> </table> <p>a) Für dauerhaft verlashtes Gleis sind solche Stosslücken ungünstig bzw. es sind besondere Massnahmen erforderlich</p> <p style="text-align: center;"><i>Verlegelücken in Abhängigkeit der Verlegetemperatur und Schienenlänge</i></p>	Schientemperatur bei Montage [°C]	Schienenlänge [m]			15	24	30 und mehr	+35	0	0	0	+30	1	1	2	+25	2	3	4	+20	3	4	5	+15	4	6	7	+10	5	7	9	+5	5	8	11 ^{a)}	0	6	10 ^{a)}	12 ^{a)}	-5	7	11 ^{a)}	14 ^{a)}	-10	8	13 ^{a)}	16 ^{a)}	-15	9	14 ^{a)}	-	-20	10 ^{a)}	15 ^{a)}	-	-25	10 ^{a)}	16 ^{a)}	-
Schientemperatur bei Montage [°C]	Schienenlänge [m]																																																											
	15	24	30 und mehr																																																									
+35	0	0	0																																																									
+30	1	1	2																																																									
+25	2	3	4																																																									
+20	3	4	5																																																									
+15	4	6	7																																																									
+10	5	7	9																																																									
+5	5	8	11 ^{a)}																																																									
0	6	10 ^{a)}	12 ^{a)}																																																									
-5	7	11 ^{a)}	14 ^{a)}																																																									
-10	8	13 ^{a)}	16 ^{a)}																																																									
-15	9	14 ^{a)}	-																																																									
-20	10 ^{a)}	15 ^{a)}	-																																																									
-25	10 ^{a)}	16 ^{a)}	-																																																									

Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Nachjustierung der Stosslücke (z. B. durch Lösen und Versetzen der Schiene) - Austausch der betroffenen Schienenstücke bei übermässiger Lücke (nicht konformer Schienenstoss)
	Abhilfemassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Temporäre Sicherung bei kritischer Lückenweite
	Vorbeugende Massnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Ein lückenlos verschweisstes Gleis (LVG) ist für eine dauerhafte Gleisinfrastruktur zu bevorzugen. Die baulichen und planerischen Voraussetzungen sollten so gestaltet sein, dass eine durchgehende Verschweissung möglich ist.

2.5.5 Allgemeine Fehler am Schienenstoss mit Lasche [Fehlercode ST-199]

Allgemeine Fehler im Bereich des Schienenstosses mit Lasche umfassen nicht eindeutig klassifizierbare Schadensbilder, wie etwa die unbeabsichtigte Überbrückung eines Isolierstosses durch Schmiermittel oder undefinierte Beeinträchtigungen an Verbindungselementen.

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht vollständig ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um allgemeine Schadensbilder und Massnahmen im Zusammenhang mit dem Schienenstoss mit Lasche darzustellen.

2.6 Fahrbahn - Schwellen und Schienenbefestigung [Fehlercode XX-xxx]

Schwellen und ihre Befestigungselemente sind zentrale Bestandteile des Gleisoberbaus. Sie sichern die Spurhaltung, verteilen die Lasten und beeinflussen direkt und indirekt die Gleislagequalität. Schäden an diesen Komponenten wirken sich unmittelbar auf die Betriebssicherheit und die Lebensdauer der Fahrbahn aus. Dieses Kapitel beschreibt typische Schadensbilder an Schwellen, Zwischenlagen, Rippenplatten, Befestigungen und Winkelführungsplatten – differenziert nach Materialtyp und Funktion – und liefert eine Grundlage für deren systematische Bewertung und Instandhaltung.

Die Schädigungen an Schwellen sind neben der Bestimmung der Schädigung auch ein Schwellentyp zuzuordnen. Es wird vorgeschlagen, Schädigungen an den Rippenplatten, Schienenbefestigungen und Winkelführungsplatten den entsprechenden Schwellen zuzuordnen.

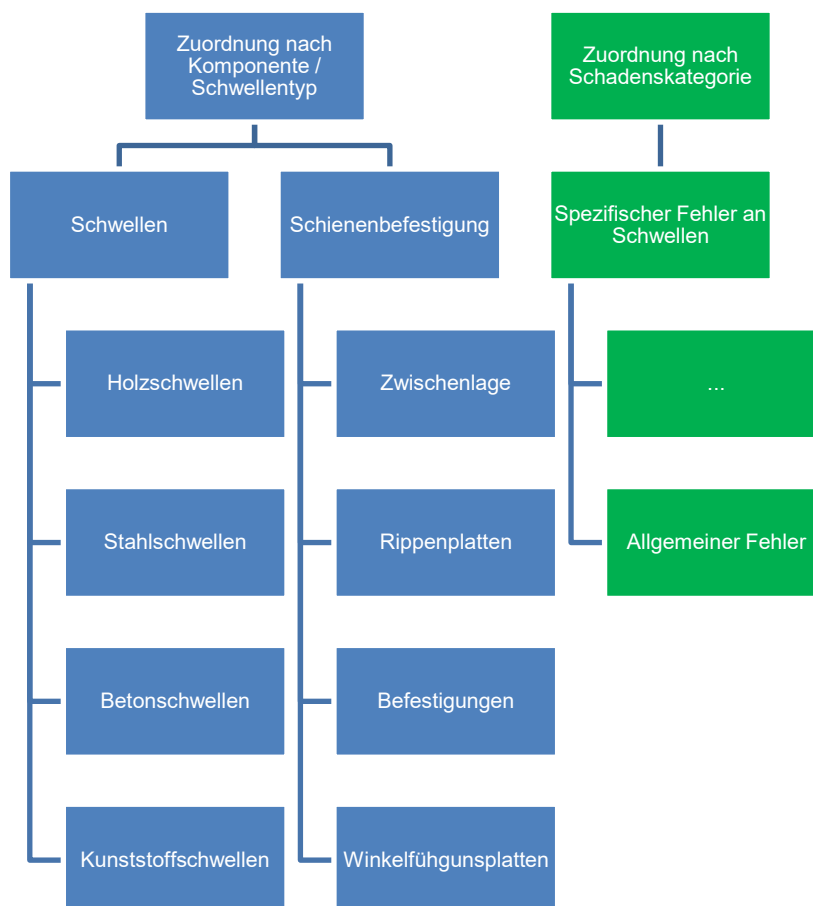






Abbildung 8: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Schwellen und Schienenbefestigung



2.6.1 Riss und Bruch in Schwelle [Fehlercode SW-110]

Merkmal	Risse und Brüche sind häufige Schäden an Eisenbahnschwellen und entstehen oft durch Materialermüdung oder mechanische Belastungen. Brüche sind schwerwiegendere Schäden, bei denen die Schwelle vollständig oder teilweise durchtrennt ist. Wenn mehrere Schwellen gleichzeitig betroffen sind, können diese Schäden die Stabilität und Sicherheit des Gleisbetts beeinträchtigen.	
Bildliche Darstellung [RhB]	<p><i>Längsriss in Betonschwelle</i></p> 	<p><i>Längsriss in Stahlschwelle</i></p> 
Verortung	<ul style="list-style-type: none"> - Schwellenmitte - Befestigungspunkt - Weitere 	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Risse in Schwellen können mit Oberflächenfehlern oder Materialermüdung verwechselt werden. - Weitere 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Verschleiss - Materialermüdung - Herstellungsfehler - Starke Riffel- und Schlupfwellen 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Überprüfung der Spurweite empfohlen 	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	- Einbau von Spurstangen
	Abhilfemassnahme	- Ersatz der beschädigten Schwellen - Oberbauerneuerung
	Vorbeugende Massnahme	- Verwendung von widerstandsfähigeren Schwellen

2.6.2 Korrosion von Stahlschwellen [Fehlercode SW-120]

Merkmal	Bei Stahlschwellen kann es gerade im Bereich von Strassen oder in Tunneln aufgrund von Salz oder Tropfwasser zu starker Korrosion kommen, was oft zu Rissen und Löchern führt.	
Bildliche Darstellung [RhB]	<p><i>Korrosion an Stahlschwelle</i></p> 	<p><i>Durchgerostete Stahlschwellen</i></p> 
Verortung	<ul style="list-style-type: none"> - Typischerweise ist bei einer Parallelführung von Strasse und Schiene die der Strasse zugewandte Schiene stärker betroffen. - Tunnel - Weitere 	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Korrosion kann mit oberflächlichen Verschmutzungen oder Verfärbungen verwechselt werden. 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Salzbelastung durch Streusalz - Feuchtigkeit und Witterungseinflüsse - Mechanische Belastungen 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Überprüfung der Spurweite empfohlen 	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	- Einbau von Spurstangen
	Abhilfemassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Ersatz der beschädigten Schwellen - Oberbauerneuerung
	Vorbeugende Massnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Verwendung von widerstandsfähigeren Schwellen - Abstand Strasse – Schiene



2.6.3 Alterung / Fäulnis von Holzschwellen [Fehlercode SW-130]

Merkmal	<p>Die Lebensdauer von Holzschwellen hat sich in den letzten Jahren weiter verkürzt – insbesondere, weil moderne Schwellen häufig weniger stark imprägniert werden. Dies führt vermehrt zu typischen Schadensbildern wie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fäulnis - Durchbiegung von Holzschwellen - Alterserscheinungen - Ausgeweitetes Schwellenloch mit Spiel an der Rippenplatte - Eingesunkene Rippenplatte <p>Die meisten Schädigungen treten altersbedingt auf. Insbesondere ältere Holzschwellen weisen häufig ausgeprägte Risse auf, sind teilweise stark durchgebogen – was zu einer Reduktion der Spurweite führen kann – und zeigen lose oder nicht mehr wirksam greifende Befestigungselemente.</p>	
Bildliche Darstellung [RhB]	<p style="text-align: center;"><i>Alterung / Fäulnis von Holzschwellen</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Alterung / Fäulnis von Holzschwellen</i></p> 
Verortung	<ul style="list-style-type: none"> - keine 	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Fäulnis kann mit oberflächlichem Schimmel oder Verfärbungen verwechselt werden. - Durchbiegung kann mit Setzungen im Unterbau verwechselt werden. - Alterserscheinungen können mit mechanischen Beschädigungen verwechselt werden. 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Fäulnis: Feuchtigkeit, Pilzbefall - Durchbiegung: Überlastung - Alterserscheinungen: Langjährige Nutzung, Witterungseinflüsse 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Beurteilung der Schwellenfestigkeit durch mechanisches Eindrücken mit einem spitzen Werkzeug. 	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Austausch der betroffenen Schwellen - Verstärkung der Schwellen durch zusätzliche Befestigungen - Schwellenlochanierung / Schraubenlochanierung - Versetzen der Platten / Rippenplatten
	Abhilfemassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Oberbauerneuerung
	Vorbeugende Massnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Von der Verwendung von Holzschwellen für den dauerhaften Einsatz wird abgeraten. - Verbesserung der Entwässerung zur Vermeidung von Feuchtigkeit



2.6.4 Allgemeiner Fehler an den Schwellen oder Schienenbefestigung [Fehlercode SW-199]

Merkmal	Neben den typischen Schadensbildern können vereinzelt weitere Schädigungen an den Schwellen auftreten, die nachfolgend exemplarisch, aber nicht abschliessend, dargestellt werden. <ul style="list-style-type: none"> - Frostschäden - Abplatzungen und Abgerundete Kanten (insbesondere an Betonschwellen) - Korrosion der Bewehrung (Betonschwellen) - Materialermüdung (Stahlschwellen) - Abnutzung der Schwellenbesohlung (Betonschwellen) - Winkelgenauigkeit – verschobene Schwellen - Lose Schwellenkappe - Schienenklemmen 	
Bildliche Darstellung	<i>Aktuell sind keine Abbildungen vorhanden. Bei Bedarf kann dieser Abschnitt zukünftig ergänzt werden.</i>	<i>Aktuell sind keine Abbildungen vorhanden. Bei Bedarf kann dieser Abschnitt zukünftig ergänzt werden.</i>
Verortung	- Keine	
Verwechslungsmöglichkeiten	- keine	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Frostschäden: Einfrieren und Auftauen von Wasser im Material - Abplatzungen und abgerundete Kanten: Mechanische Belastungen und Witterungseinflüsse, Stopfarbeiten, Beschädigungen aus dem Bau - Korrosion der Bewehrung: Eindringen von Feuchtigkeit und Sauerstoff in den Beton - Materialermüdung: Wiederholte mechanische Belastungen - Abnutzung der Schwellenbesohlung: Ständige Belastung und Bewegung der Schwellen, Herstellungsqualität - Winkelgenauigkeit – verschobene Schwellen: Ungleichmässige Belastungen oder Setzungen im Unterbau - Lose Schwellenkappe: Unzureichende Befestigung, starke Vibrationen 	
Verfahren zur Feststellung	- Visuelle Inspektion	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	- Keine
	Abhilfemassnahme	- Keine
	Vorbeugende Massnahme	- keine


2.6.5 Spezifische Schäden an Zwischenlagen [Fehlercode ZW-110]

Merkmal	<p>Schäden an Zwischenlagen treten in jüngerer Vergangenheit vermehrt auf – häufiger bei Bahnen mit hoher Gleisbelastung.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Materialermüdung / defekte Zwischenlage: Die Zwischenlage ist durch Alterung, Abrieb oder Zersetzung so stark beschädigt, dass sie ihre Funktion nicht mehr erfüllt. In extremen Fällen liegt die Schiene direkt auf der Schwelle auf, was zu erhöhtem Verschleiss und strukturellen Schäden führen kann. - Verschobene Zwischenlage: Die Zwischenlage ist nicht mehr in ihrer vorgesehenen Position, was zu ungleichmässiger Lastverteilung und Instabilität führen kann. - Veränderte Schieneneinbauneigung, vorwiegend in engen Bögen: Bei Meterspurbahnen kann sich die bogenäussere Schiene im Betrieb aufstellen (abkippen), wodurch sich die wirksame Schieneneinbauneigung deutlich verändert. Dies kann zu irreversibler Spurerweiterung und einer Beeinträchtigung der Fahrstabilität führen. Die Fahrfläche weist trotz dieser Veränderungen häufig weiterhin eine Neigung von etwa 1:20 auf, was auf Verschleissanpassung zurückzuführen ist. Nach aktuellem Kenntnisstand ist der gesamte Schienenstützpunkt an diesem Phänomen beteiligt. Das Thema ist Gegenstand laufender Untersuchungen im Rahmen der Systemaufgabe. 	
Bildliche Darstellung [RhB]	<i>Verschobene Zwischenlage</i> 	<i>Abgenutzte Zwischenlage</i> 
Verortung	Besonders häufig an Stellen mit: <ul style="list-style-type: none"> - hoher dynamischer Belastung (z. B. Brems- und Beschleunigungszonen), - engen Gleisbögen, - unzureichender oder gelockerter Befestigung. 	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Lose oder beschädigte Befestigungselemente (z. B. Spannklemmen). - Setzungen im Gleisbett, die ähnliche Symptome wie eine verschobene oder fehlende Zwischenlage verursachen können. - Verwechslung mit Rippenplattenverschleiss 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Materialermüdung durch Alterung, Witterungseinflüsse oder chemische Einwirkungen. - Verschleiss infolge hoher dynamischer Beanspruchung (z. B. durch häufige Zugüberfahrten). - Montagefehler bei der Schienenbefestigung (z. B. falsche Positionierung oder unzureichende Vorspannung). 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Indirekt via Messung der Gleislageparameter 	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Austausch der defekten oder verschobenen Zwischenlage. - Korrektur der Lage durch Nachjustierung der Befestigung. - Temporäre Geschwindigkeitsreduktion, falls sofortige Instandsetzung nicht möglich ist.
	Abhilfemassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Regelmässige Inspektionen an kritischen Stellen mit erhöhter Belastung / Beanspruchung.
	Vorbeugende Massnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Bei engen Bögen mit hoher Belastung: Verwendung von mindestens mittelsteifen Zwischenlagen (≥ 200 kN/mm), gemäss aktuellen Erkenntnissen. - Verwendung von ausreichend dimensionierten Komponenten.



2.6.6 Spezifische Schäden an Rippenplatten [Fehlercode RP-110]

Merkmal	<p>Rippenplatten unterliegen insbesondere in stark belasteten Gleisabschnitten oder bei nicht konformer Schienenbefestigung mechanischem Verschleiss und Materialermüdung. Zu den typischen Schädigungen zählen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Defekte Rippenplatte: Risse, Brüche oder Abplatzungen an der Rippe oder im Grundkörper der Rippenplatte. - Einarbeitung des Schienenfusses in die Rippenplatte: Durch wiederholte dynamische Belastung kann sich der Schienenfuss in die Oberfläche der Rippenplatte einarbeiten. Dies führt zu: <ul style="list-style-type: none"> o einer Erhöhung der Spurweite, o einer instabilen Schienenlagerung, o einer ungleichmässigen Kraftübertragung. 	
Bildliche Darstellung [RhB]	<p><i>Verschleiss Aek Rippenplatten</i></p> 	<p><i>Verschleiss Ke Rippenplatten</i></p> 
Verortung	<ul style="list-style-type: none"> - Besonders betroffen: <ul style="list-style-type: none"> o hochbelastete Streckenabschnitte o enge Bögen 	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Defekte oder verschobene Zwischenlage - Schäden an der Schwelle (z. B. Risse, Abplatzungen). - Lose oder beschädigte Befestigungselemente (z. B. Spannklemmen). - Setzungen im Gleisbett, die ähnliche Symptome verursachen können. - Eingesunkene Rippenplatte in Holzschwellen und Verschiebung / Spiel Rippenplatte sind dem Fehler Alterung / Fäulnis von Holzschwellen zuzuordnen. 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Materialermüdung durch wiederholte dynamische Belastung. - Unzureichende Vorspannung der Befestigungselemente. - Korrosion durch Feuchtigkeit, Streusalz oder chemische Einflüsse. - Fehlende oder ungeeignete Zwischenlage. - Hohe Achslasten oder starke Bremskräfte. 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion bei Streckenkontrollen. - Indirekt via Messung der Gleislageparameter 	
Empfehlung	<p>Allfällige Sofortmassnahme</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Austausch der beschädigten Rippenplatte. - Erneuerung der Zwischenlage, falls betroffen.
	<p>Abhilfemassnahme</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nachziehen oder Ersetzen der Befestigungselemente.
	<p>Vorbeugende Massnahme</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Verwendung verschleissfester Rippenplatten mit geeigneter Oberflächenhärte. - Einsatz geeigneter Zwischenlagen, um das Einarbeiten des Schienenfusses zu verhindern. - Verwendung von ausreichend dimensionierten Komponenten. - Regelmässige Inspektionen an kritischen Stellen mit hoher Belastung.

2.6.7 Spezifische Schäden an Befestigungen [Fehlercode BF-110]

Merkmal	Schäden an Befestigungselementen treten häufig infolge dynamischer Belastungen, Materialermüdung oder Korrosion auf. <ul style="list-style-type: none"> - Defekte Schwellenverschraubung: z. B. abgerissen, verbogen oder beschädigtes Gewinde - Lose Schwellenverschraubung: unzureichende Vorspannung oder vollständiges Lösen. - Defekte Befestigungsverschraubung: beschädigte Schrauben, Muttern oder Gewinde - Lose Befestigungsverschraubung: unzureichende Klemmkraft. - Defekte Unterlegscheiben oder Federringe: gebrochen, verformt oder korrodiert - Defekte Spannklemme: Rissbildung, Materialermüdung oder Spannkraftverlust - Defekte Klemmplatte: Risse, Brüche oder plastische Verformung - Defekte Federringe - Weitere Defekte an Kleisenen 	
Bildliche Darstellung [RhB]	<p><i>Defekte Spannklemme</i></p> 	
Verortung	- keine	
Verwechslungsmöglichkeiten	Schäden an <ul style="list-style-type: none"> - Rippenplatten, - Zwischenlagen, - Winkelführungsplatten - oder der Schwelle. 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Materialermüdung durch wiederholte dynamische Belastung. - Fehlende oder unzureichende Wartung (z. B. nicht nachgezogene Schrauben). - Korrosion durch Feuchtigkeit, Streusalz oder chemische Einflüsse. - Montagefehler (z. B. falsches Anzugsdrehmoment). 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Drehmomentprüfung zur Kontrolle der Vorspannung. - Klopf- oder Rüttelprüfung zur Erkennung loser Bauteile. 	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Austausch defekter Schrauben, Klemmen, Platten oder Unterlegteile. - Nachziehen loser Verschraubungen mit definiertem Drehmoment.
	Abhilfemassnahme	-
	Vorbeugende Massnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Regelmässige Inspektionen und Nachziehen der Befestigungen gemäss Wartungsplan. - Verwendung hochwertiger, korrosionsbeständiger Materialien. - Verwendung von ausreichend dimensionierten Komponenten. - Schulung des Wartungspersonals zur frühzeitigen Erkennung und fachgerechten Behebung. - Analyse wiederkehrender Schäden, um systematische Schwachstellen zu identifizieren.

2.6.8 Spezifische Schäden an Winkelführungsplatten [Fehlercode WFP-110]

Merkmal	Winkelführungsplatten sind für die seitliche Führung der Schiene verantwortlich und unterliegen insbesondere in engen Bögen und Weichen hohen Querkräften. Schäden wie Risse, Brüche, plastische Verformungen oder übermässiger Verschleiss können die Spurhaltung beeinträchtigen.	
Bildliche Darstellung [RhB]	<p><i>Eingefressene Winkelführungsplatte</i></p> 	<p><i>Gerissene Winkelführungsplatte</i></p> 
Verortung	- Insbesondere in Kurven oder Weichen	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Schäden an der Spannklemme oder Klemmplatte - Lose Befestigungselemente, die zu ähnlichen Lageveränderungen führen können 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Materialermüdung durch hohe Querkräfte (z. B. in engen Bögen oder bei hohen Geschwindigkeiten) - Korrosion durch Feuchtigkeit oder chemische Einflüsse - Montagefehler oder unzureichende Befestigung 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion auf Risse, Verformungen oder fehlende Teile - Messung der Gleislage, insbesondere: <ul style="list-style-type: none"> o Aufgrund indirekten Einflusses auf Spurweite / Spurhaltung 	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Austausch der defekten Winkelführungsplatte - Nachziehen oder Erneuern der Befestigungselemente
	Abhilfemassnahme	-
	Vorbeugende Massnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Regelmässige Inspektionen insbesondere in Weichen und engen Bögen - Verwendung robuster, korrosionsbeständiger Materialien - Verwendung von ausreichend dimensionierten Komponenten. - Schulung des Wartungspersonals zur frühzeitigen Erkennung und fachgerechten Behebung - Analyse wiederkehrender Schäden, um systematische Schwachstellen zu identifizieren

2.7 Fahrbahn – Brücke beim schotterlosen Oberbau [Fehlercode SLO-xxx]

Im vorliegenden Abschnitt werden Schädigungen und Fehler im Zusammenhang mit der Fahrbahn auf Brücken mit schotterlosem Oberbau behandelt. Diese Thematik liegt grundsätzlich ausserhalb des von der Systemführerschaft Interaktion (SFI) bearbeiteten Fachbereichs, wie bereits in der allgemeinen Einleitung des Schadenskatalogs beschrieben. Dort wurde festgehalten, dass Schäden ausserhalb des Projektumfangs – etwa an festen Fahrbahnen, Kunstbauten, Bahnübergängen, Zahnstangen, Zahnstangeneinfahrten oder Sicherungsanlagen – nicht berücksichtigt werden.

Bei schotterlosen Oberbauten auf Brücken handelt es sich um Fahrbahnkonstruktionen, bei denen die Gleise direkt auf Tragplatten, Betonrippen oder anderen festen Elementen befestigt sind – ohne Zwischenschicht aus Schotter.

Trotz dieser Abgrenzung wurde auf Wunsch der Anwender die Befestigung der schotterlosen Fahrbahn auf Brücken in dieses Kapitel aufgenommen, da sie für die Praxis eine hohe Relevanz besitzt. Die Fehlerbilder werden jedoch nicht im Detail ausgearbeitet, sondern lediglich überblicksartig dargestellt.

Am Ende des Dokuments ist eine Struktur vorgesehen, die bahnspezifische Ergänzungen wie diesen Abschnitt ermöglicht und die Weiterentwicklung des Katalogs unterstützt.

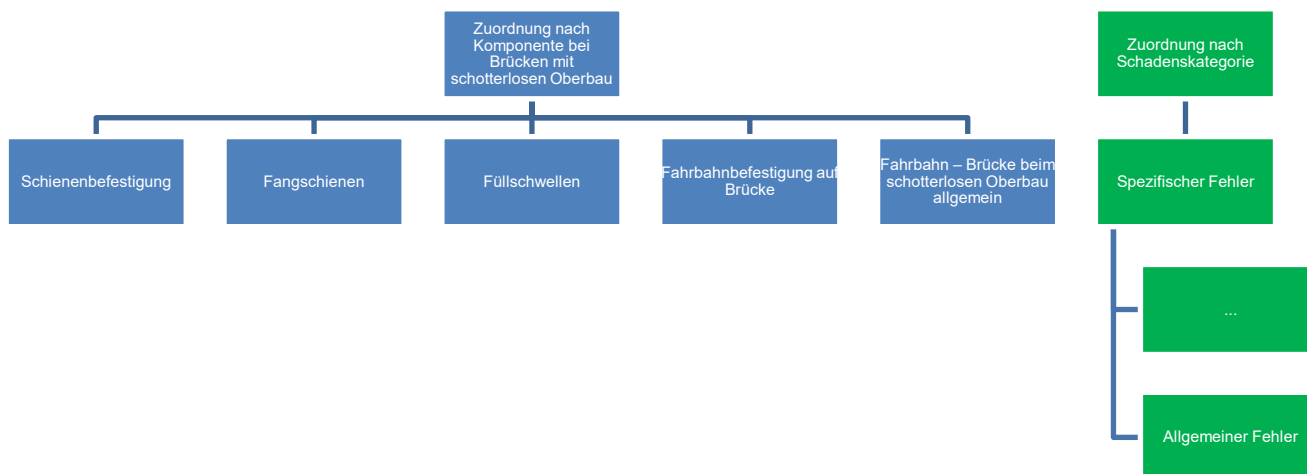


Abbildung 9: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Brücke beim schotterlosen Oberbau

2.7.1 Schädigung an Schienenbefestigung [Fehlercode SLO-110]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet.

2.7.2 Schädigung an Fangschienen [Fehlercode SLO-120]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet.

2.7.3 Schädigung an Füllschwellen [Fehlercode SLO-130]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet.

2.7.4 Schädigung an Fahrbahnbefestigung auf Brücke [Fehlercode SLO-140]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet.

2.7.5 Allgemeiner Fehler an der Fahrbahn bei Brücken mit Schotterlosen Oberbau [Fehlercode SLO-199]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet.

2.8 Fahrbahn – Schotterbett [Fehlercode SB-xxx]

Das Schotterbett befindet sich oberhalb der Planie. Durch die Lagerung der der Schwellen ist sie entscheidend für die Tragfähigkeit, Drainage und Gleislagequalität. Schäden wie Schlammaufstöße, Schotterermüdung oder Profilabweichungen beeinträchtigen die Funktionalität und erfordern gezielte Massnahmen zur Wiederherstellung der Stabilität und Entwässerung.

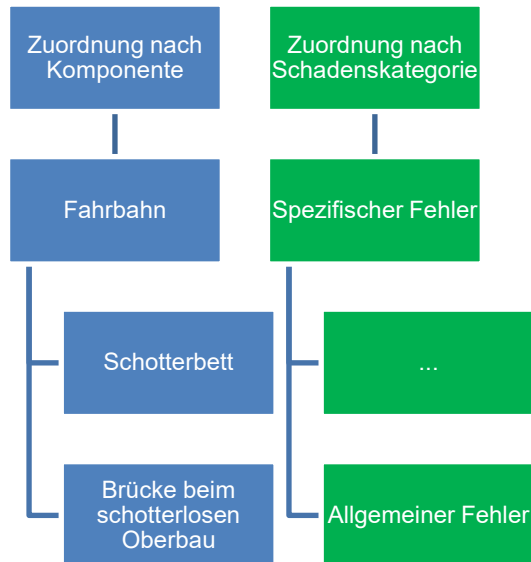


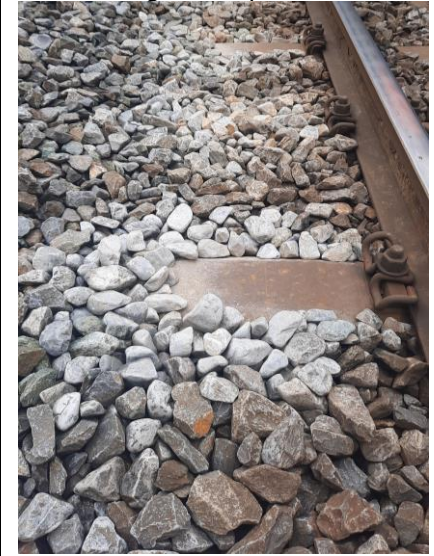


Abbildung 10: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Schotterbett


2.8.1 Schlammaufstöße (mud pumping) [Fehlercode SB-110]

Merkmal	Bei Schlammaufstößen (Mud Pumping, Lehmhaltige Aufschwemmungen) werden feine Partikel wie Schlamm oder Lehm durch die dynamischen Belastungen des Zugverkehrs nach oben in den Schotter gepumpt. Dies geschieht häufig in Bereichen mit schlechter Entwässerung, wo Wasseransammlungen die Mobilisierung dieser feinen Partikel begünstigen. Dies kann die Stabilität und Funktionalität des Gleisoberbaus beeinträchtigen.	
Bildliche Darstellung [RhB]	<p><i>Schlammaufstöße (mud pumping) infolge Schlupfwellen</i></p> 	
Verortung	Besonders häufig an Stellen mit: <ul style="list-style-type: none"> - Schlupfwellen - in Übergängen, Brücken, oder Senken - in Bereichen mit schlechtem oder unzureichendem Unterbau 	
Verwechslungsmöglichkeiten	Erosion: Durch Wasser verursachte Abtragung kann ähnliche visuelle Effekte wie mud pumping verursachen.	
Mögliche Ursache	Die Schlammaufstöße entstehen durch die zyklischen Einsenkungen des Gleisrostes bei Zugsdurchfahrten, das feinkörnige Material wird durch den Schotter hochgepumpt, bis es an einer Stelle an die Oberfläche dringt. Im Schotterbett ist die Schotterverschmutzung meist nur auf einer kurzen Länge sichtbar, was meist die Spitze des Eisbergs ist. Die Unstetigkeit im Schotterbett kann sich dabei bereits über eine weite Distanz ziehen. Die Schlammstelle hat eine Verringerung der Tragkraft des Schotterbetts zur Folge, dies führt zu Instabilitäten und Gleislagefehlern. Stopfen wirkt in diesem Bereich nur kurzfristig oder kann gar zur Auflockerung des Feinmaterials und damit zur weiteren Minderung der Tragfähigkeit führen. <ul style="list-style-type: none"> - Kein Unterbau und schlechte Entwässerung - Oft feinkörniger, schlecht sickerfähiger und schlecht tragfähiger Untergrund, teilweise hoher Grundwasserstand - Steifigkeitssprünge vor oder nach festen Punkten - 2-3 Jahre nach Oberbauerneuerung, wo erstmalig Betonschwellen eingebaut sind. 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion: Überprüfung der Gleisoberfläche auf sichtbare Schlammaufstöße. - Geotechnische Untersuchungen: Analyse der Bodenbeschaffenheit und Feuchtigkeitsgehalt. - Dynamische Plattendruckversuche - Einsenkungsmessungen (System InfraMT) 	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	- Als Lösung ist einzig eine komplette Erneuerung der Fahrbahn inkl. Unterbau mit Filterschicht über die ganze Länge des Schlammaufstosses und die Erstellung einer funktionierenden Entwässerung wirksam.
	Abhilfemassnahme	-
	Vorbeugende Massnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung der Entwässerung - Verwendung von Geotextilien


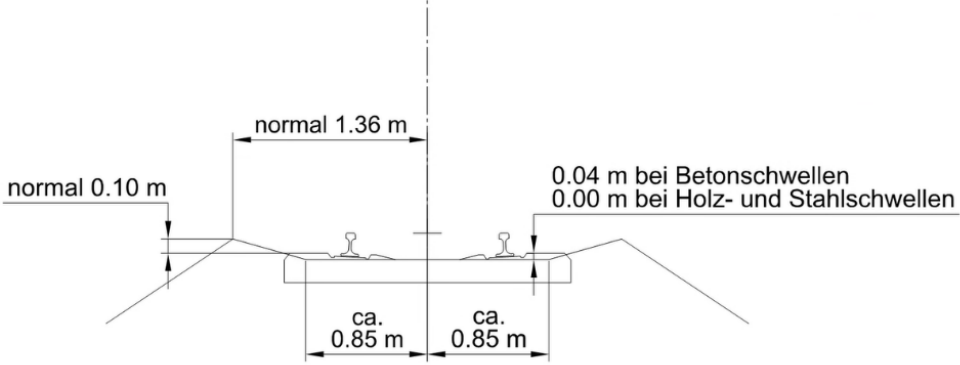
2.8.2 Schotterverschleiss / Schotterermüdung [Fehlercode SB-120]

Merkmal	<p>Schotterverschleiss tritt vermehrt in stark belasteten Gleisabschnitten auf und zeigt sich in Form von:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verschlissener Schotter - Abgenutzter Schotter - Rundkorn - Weisse Stellen <p>Verschlissener Schotter ist in der Regel als weisse Stelle im Schotterbett erkennbar, die Ursachen können unterschiedlich sein. Ein Grund kann eine zu geringe Schotterdicke auf festen Untergründen wie Brücken sein (typisch: 0-15 cm UK Schwelle), auch ausgeprägte Schlupfwellen führen zu Schotterzerstörungen. Weitere Ursachen sind ausgefahrene Schienenstösse, die starke Schläge auf den Schotter verursachen.</p>	
Bildliche Darstellung Links: [AB] Rechts: [RhB]	<p style="text-align: center;"><i>Verschlissener Weisser Schotter infolge Schlupfwellen</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Verschlissener Weisser Schotter infolge Schlupfwellen</i></p> 
Verortung	Besonders häufig an Stellen mit: <ul style="list-style-type: none"> - Schlupfwellen - Schienenstössen 	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Erosion: Durch Wasser verursachte Abtragung kann ebenfalls zu rundem Korn führen 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - zu geringe Schotterdicke auf festen Untergründen - wellenartige Fehler wie Schlupfwellen und Schienenstösse - Mechanische Belastung: Ständige Bewegung und Druck durch Zugverkehr. - Witterungseinflüsse: Wasser und Frost können die Schotterkörner beschädigen. - Fehlende Entwässerung: Führt zu Aufweichung und Abnutzung des Schotters. 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - «Siebanalyse» - Los-Angeles-Prüfverfahren: Bestimmung des Widerstands gegen Zertrümmerung. - Rammsondierungen: Qualitative Bestimmung der Lagerungsdichte und Festigkeit. 	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Stopfarbeiten: Wiederherstellung der Gleislage durch Verdichtung - Reinigung des Schotterbettes: Entfernen von Feinteilen und Verschmutzungen.
	Abhilfemassnahme	
	Vorbeugende Massnahme	Verwendung von hochwertigen und schotterschonenden Materialien (z. B. steife und plastische Schwellenbesohlung)

2.8.3 Verschmutzung Schotterbett [Fehlercode SB-130]

Merkmal	Verschmutzungen können im Schotterbett entstehen, wenn feine Partikel wie Schlamm, Sand oder organisches Material durch betriebliche Belastungen, Umwelteinflüsse oder andere Einflüsse in das Schotterbett gelangen. Die Verschmutzung beeinträchtigt die Funktion des Schotterbetts, indem sie die Wasserdurchlässigkeit verringert, die Elastizität beeinträchtigt oder die Scherfestigkeit sowie die Tragfähigkeit des Materials reduziert.	
Bildliche Darstellung [RhB]	<p><i>Verschmutzung Schotterbett</i></p> 	
Verortung	- keine	
Verwechslungsmöglichkeiten	- Schlammaufstöße (mud pumping)	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Betriebsbelastung: Absplitterungen der Schotterkörner durch Zugverkehr. - Umwelteinflüsse: Winderosion und Ladegutverlust. - Erosion 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Siebanalyse: Bestimmung des Feinkornanteils im Schotterbett. - Visuelle Inspektion: Überprüfung der Gleisoberfläche auf sichtbare Verschmutzungen. 	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Reinigung des Schotterbetts: Entfernen von Feinteilen und Verschmutzungen. - Stopfarbeiten: Wiederherstellung der Gleislage durch Verdichtung.
	Abhilfemassnahme	- komplette Erneuerung der Fahrbahn inkl. Unterbau
	Vorbeugende Massnahme	-

2.8.4 Schotterprofil [Fehlercode SB-140]

Merkmal	<p>Das Schotterprofil (Normalprofil) beschreibt die Form und Lage des Schotterbetts, das die Schwellen und Schienen einer Eisenbahnstrecke stützt. Ein korrektes Schotterprofil sorgt für die notwendige Stabilität und Drainage, um die Gleislage zu erhalten und die Belastungen durch den Zugverkehr gleichmässig zu verteilen.</p> <p>Nachfolgende Abweichungen sind zu vermeiden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ungenügende Schottermenge oder Schotterüberfluss - Loses Schotterprofil - Höhe und Neigung der Schotterkrone - Schotterüberfluss
Bildliche Darstellung [RhB]	<p style="text-align: center;"><i>Ungenügendes Schotterprofil</i></p> 
Verortung	<ul style="list-style-type: none"> - keine
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Erosion: Durch Wasser verursachte Abtragung kann ähnliche visuelle Effekte wie ein ungenügendes Schotterprofil verursachen.
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Falsche Verteilung oder unzureichende Menge an Schotter - Unzureichende Verdichtung oder fehlende Wartung - Unsachgemässe Erstellung der Schotterkrone des Schotterprofils - Übermässige Schottermenge, die nicht korrekt verteilt wurde
Verfahren zur Feststellung R RTE 21110 [16]	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion - Abgleich gemäss den Anforderungen nach R RTE 21110 [16] Anhang A7 <div style="text-align: center;">  </div> <p>Abbildung A7-4</p> <p style="text-align: center;"><i>[R RTE 21110 Vorabzug]</i></p> <p>Die Schotterflanke ist mit einer Neigung von 2:3 auszuführen. Gegenüber einem Perronwinkel oder einem Schottertrog auf Brücken erfolgt beim freien Schotterlager die horizontale Auswanderung des Schotters.</p>

Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Reprofilierung des Schotterbetts: Korrekte Verteilung und Verdichtung des Schotters, um das erforderliche Profil wiederherzustellen. - Planieren bei Schotterüberfluss - Stopfarbeiten: Wiederherstellung der Gleislage durch Verdichtung
	Abhilfemassnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Bauliche Massnahmen um Abfliessen von Schotter zu verhindern.
	Vorbeugende Massnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Sicherstellen eines idealen Schotterprofils beim Neubau und Instandhaltung

2.8.5 Allgemeiner Fehler am Schotterbett der Fahrbahn [Fehlercode SB-199]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um relevante Schadensbilder systematisch zu erfassen und zu behandeln.

2.9 Fahrbahn – Unterbau [Fehlercode UB-xxx]

Der Unterbau - der Bereich Zwischen Planie und Planum - übernimmt die Ableitung der Lasten in den Baugrund und stellt die Basis für einen dauerhaft tragfähigen Oberbau dar. Fehlerhafte Entwässerung, Setzungen oder mangelnde Filterschichten führen zu strukturellen Problemen, die sich oft erst verzögert im Gleisbild zeigen.

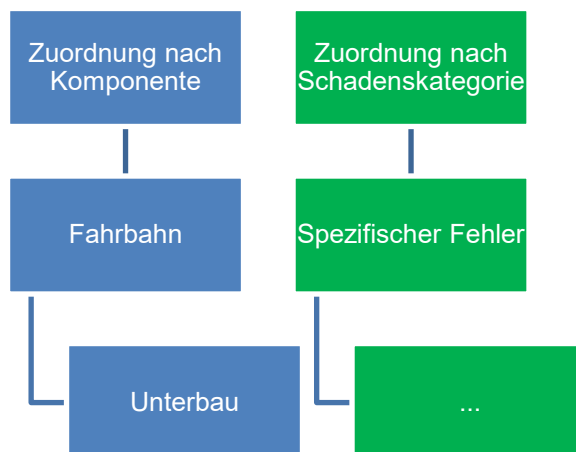



Abbildung 11: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Unterbau

2.9.1 Entwässerung (Fahrbahn – Unterbau) [Fehlercode UB-110]

Merkmal	<p>Eine mangelhafte Entwässerung im Bereich Fahrbahn und Unterbau kann die langfristige Stabilität und Sicherheit der Gleisanlage erheblich beeinträchtigen. Die folgenden Merkmale beschreiben typische Schadensbilder und deren Auswirkungen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stabilitätsprobleme: Wasseransammlungen können die Stabilität des Schotterbetts beeinträchtigen, was zu Gleisverwerfungen und einer ungleichmässigen Gleislage führen kann. - Erosion: Übermässiges Wasser kann die Schottersteine erodieren und wegspülen, was die Tragfähigkeit des Gleisbetts verringert. - Frostschäden: In kalten Regionen kann stehendes Wasser gefrieren und das Gleisbett beschädigen, was zu kostspieligen Reparaturen führt. - Vegetationswachstum: Feuchte Bedingungen fördern das Wachstum von Pflanzen im Gleisbett, was die Wartungskosten erhöht und die Gleissicherheit beeinträchtigen kann. 	
Bildliche Darstellung [RhB]	<p><i>Wasseransammlung</i></p> 	
Verortung	- Gleisoberbau	
Verwechslungsmöglichkeiten	- Keine	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Schlechte Entwässerung: Führt zu Wasseransammlungen und Mobilisierung von feinen Partikeln - Mangelhafte Entwässerung 	
Verfahren zur Feststellung	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion: Überprüfung der Gleisoberfläche auf sichtbare Wasseransammlungen und Vegetationswachstum. - Geotechnische Untersuchungen: Analyse der Bodenbeschaffenheit und Feuchtigkeitsgehalt 	
Empfehlung	Allfällige Sofortmassnahme	- Reinigung des Gleisbetts: Entfernen von Schlamm und feinen Partikeln.
	Abhilfemassnahme	- Verbesserung der Entwässerung: Installation von Drainagesystemen zur Vermeidung von Wasseransammlungen.
	Vorbeugende Massnahme	- Fahrbahnerneuerung mit funktionierender Entwässerung.

2.9.1 Allgemeiner Fehler an der Fahrbahn – Unterbau [Fehlercode UB-199]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um allgemeine Schadensbilder und Massnahmen im Zusammenhang mit dem Unterbau der Fahrbahn darzustellen.

2.10 Fahrbahn – Bankett [Fehlercode BK-xxx]

Das Bankett dient als seitliche Begrenzung der Fahrbahn und unterstützt die Entwässerung sowie die Stabilität des Gleisbetts. Schäden wie Absenkungen, Unterspülungen oder ungenügende Breite können die Funktion erheblich beeinträchtigen und erfordern eine gezielte Instandhaltung, insbesondere in sensiblen Streckenabschnitten.

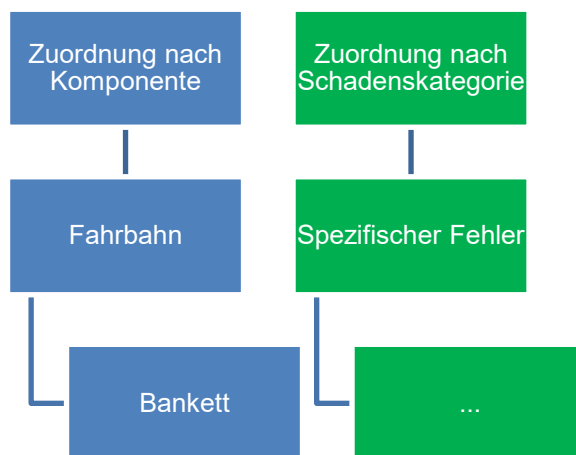





Abbildung 12: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Bankett

2.10.1 Bankett (Fahrbahn – Bankett) [Fehlercode BK-110]

Merkmal	<p>Das Bankett bildet den seitlichen Abschluss der Fahrbahn und bildet bei Dämmen die Böschungsschulter. Das Bankettprofil beschreibt die Form und Lage des Banketts, das neben der Fahrbahn liegt und zur Stabilität und Drainage beiträgt. Fehler im Bankettprofil können verschiedene Probleme verursachen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bankettabsenkung: Das Bankett senkt sich ab und verliert seine Stabilität. - Böschungssenkung: Die Böschung senkt sich ab und beeinträchtigt die Stabilität des Banketts. - Ungenügende Bankettbreite: Das Bankett ist zu schmal und bietet nicht genügend Unterstützung. - Unterspültes Bankett: Wasser unterspült das Bankett und schwächt dessen Struktur. 	
Bildliche Darstellung [RhB]	<p><i>Ungenügende Bankettbreite</i></p> 	<p><i>Unterspültes Bankett</i></p> 
Verortung	<ul style="list-style-type: none"> - Neben der Fahrbahn 	
Verwechslungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Erosion: Durch Wasser verursachte Abtragung kann ähnliche visuelle Effekte wie eine Bankettabsenkung oder ein unterspültes Bankett verursachen. 	
Mögliche Ursache	<ul style="list-style-type: none"> - Schlechte Entwässerung: Führt zu Wasseransammlungen und Unterspülung. - Dynamische Belastungen: Wiederholte Belastungen durch Verkehr können das Bankett schwächen. - Fehlende Wartung: Unzureichende Pflege und Instandhaltung des Banketts. 	
Verfahren zur Feststellung R RTE 21110 [16]	<ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Inspektion: Überprüfung des Banketts auf sichtbare Absenkungen und Unterspülungen. - Geotechnische Untersuchungen: Analyse der Bodenbeschaffenheit und strukturellen Integrität. <p>Die Anforderungen an die Ausbildung und Geometrie des Banketts sind in der Richtlinie R RTE 21110 „Unterbau und Schotter“ im Abschnitt 4.8 detailliert beschrieben. Dort werden sowohl funktionale Aspekte wie Begehrbarkeit und Nutzung als Fluchtweg als auch geometrische Vorgaben und ökologische Anforderungen behandelt.</p>	
Empfehlung	<p>Allfällige Sofortmassnahme</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reprofilierung des Banketts: Korrekte Verteilung und Verdichtung des Materials, um das gewünschte Profil wiederherzustellen. - Bei abrutschgefährdeten Banketten – gegebenenfalls in Kombination mit dem Kabelkanal – kann der Einbau von seitlichen Stützelementen oder Bankettsicherungssystemen erforderlich sein, um ein weiteres Abgleiten zu verhindern und die Integrität der Kabelinfrastruktur dauerhaft zu gewährleisten.
	<p>Abhilfemassnahme</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung der Entwässerung: Installation von Drainagesystemen zur Vermeidung von Wasseransammlungen.
	<p>Vorbeugende Massnahme</p>	

LO 2025 P4.2	Schadenskatalog Fahrbahn	 Seite 88 / 92

2.10.2 Allgemeiner Fehler Bankett (Fahrbahn – Bankett) [Fehlercode BK-199]

Dieser Abschnitt ist derzeit nicht ausgearbeitet. Bei Bedarf kann er zukünftig ergänzt werden, um allgemeine Schadensbilder und Massnahmen im Zusammenhang mit dem Bankett der Fahrbahn darzustellen.

3 **Schadenskatalog Bahnspezifisch**

Dieser Abschnitt ist bewusst nicht ausgearbeitet, da die Erarbeitung bahnspezifischer Schadensbilder nicht im Projektumfang der Systemführerschaft Interaktion enthalten ist. Bahnspezifische Ergänzungen – etwa besondere Schadensbilder einzelner Bahnen oder betriebsspezifische Besonderheiten – sind durch die jeweiligen Bahnen selbst zu erarbeiten und zu finanzieren.

4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

4.1 Schlussfolgerungen

Der vorliegende Schadenskatalog stellt erstmals eine systematisch strukturierte und komponentenbezogene Grundlage zur Erfassung und Bewertung von Fahrbahnschäden bei Meterspurbahnen dar. Die wichtigsten Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Fehlercodierung nach Komponenten und Schadenskategorien ermöglicht eine eindeutige Zuordnung und unterstützt die Integration in digitale Anlagemanagementsysteme.
- Die Verknüpfung mit Ursachen, Auswirkungen und Massnahmen schafft eine fundierte Basis für die Ableitung von Instandhaltungsstrategien.
- Die Abgrenzung zu nicht-interaktionsrelevanten Schäden (ausserhalb der SFI) (z. B. Kunstbauten, Sicherungsanlagen) erhöht die Übersichtlichkeit und Fokussierung auf die fahrwegtechnisch relevanten Aspekte.
- Die Einbindung von Bildern, Normverweisen und Empfehlungen fördert die Verständlichkeit und erleichtert die Anwendung durch Fachpersonen.

4.2 Empfehlungen

- Der Schadenskatalog soll regelmässig aktualisiert werden, insbesondere durch Rückmeldungen aus der Praxis und durch neue Erkenntnisse aus Forschungsprojekten.
- Die Schulung der Anwender (z. B. Streckeninspektoren, Fahrbahnspezialisten) ist essenziell, um eine konsistente Anwendung sicherzustellen.
- Die Einbindung in Anlagemanagementsysteme soll prioritär vorangetrieben werden, um eine digitale und vergleichbare Zustandsbewertung zu ermöglichen.
- Für nicht ausgearbeitete Abschnitte (z. B. Allgemeine Fehler, Dilatationsvorrichtungen) wird empfohlen, diese bei Bedarf durch die Systemführerschaft oder die Meterspurzentren zu ergänzen.
- Die Grenzwerte und Schwellenwerte für die Meterspur sollen im Rahmen der Systemführerschaft weiter spezifiziert und vereinheitlicht werden.

5 Ausblick

Der Schadenskatalog bildet eine zentrale Grundlage für das zukünftige Infrastrukturmanagement der Meterspurbahnen. Für die Weiterentwicklung ergeben sich folgende Perspektiven:

- Bahnspezifische Erweiterungen: Die Möglichkeit zur Ergänzung durch individuelle Schadensbilder einzelner Bahnen soll aktiv genutzt werden.
- Vertiefung offener Punkte: Für einige Schadensbilder (z. B. Squats, Zwischenlagenverformung, Schmierungseinflüsse) besteht noch Forschungsbedarf. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um Ursachen, Grenzwerte und geeignete Massnahmen zu definieren.
- Langfristige Pflege durch Meterspurzentren: Nach Abschluss der Systemführerschaft soll die Pflege und Weiterentwicklung des Katalogs durch die Meterspurzentren erfolgen, um die Nachhaltigkeit und Aktualität sicherzustellen.

6 Verzeichnisse

6.1 Referenzen

- [1] Güldenapfel Peter, RAILplus / KPZ Fahrbahn: Grundlagen Scanning Umfrage Bahnen. Technischer Bericht, 14.10.2022
- [2] Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV), SN EN 17397-1:2021 Bahnanwendungen - Schienenfehler - Teil 1: Handhabung von Schienenfehlern, 01.02.2021
- [3] IRS 70712: Schienenfehler
- [4] Alessandro Bianchi, RAILplus/Rhätische Bahn & Roland Müller, Gleislauftechnik Müller: Schadenskatalog Interaktion – Kontaktflächen Rad und Schiene. Technischer Bericht, RAILplusSF-00066, 18.04.2025
- [5] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 29900 Netzzustandsbericht. Minimalanforderungen, 04.04.2018
- [6] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 22541 Lückenlose und verlaschte Gleise und Weichen. Meterspur, 13.03.2024
- [7] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 22570 Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Gleisen. Meterspur, 31.07.2012
- [8] RailCorp: Engineering Manual Track: TMC 227 Surface Defects in Rails, 03.09.2019
- [9] Deutsche Bahn: Richtlinie 821.2007 Anhang 02 Schienenfehlerkatalog und Beurteilungsmassstäbe, 2022
- [10] voestalpine Rail Technology GmbH: Schienenfehlerkatalog. Häufige Schienen- und Schweissfehler
- [11] Gehriger Albin, RAILplus / AB; Landgraf Matthias, evias: *Vademecum Fahrbahn*. Technischer Bericht, RAILPlusSF-00061, 20.11.2025
- [12] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 22566 Einbau, Kontrollen und Unterhalt der Weichen. Meterspur, 18.08.2022
- [13] Verband öffentlicher Verkehr: D RTE 22556 Kontrollmasse der Weichen. Meterspur, 18.08.2022
- [14] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 22240 Schweißarbeiten an Schienen und Weichenbauteilen. Normalspur und Meterspur, 11.11.2024
- [15] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 29010 Interaktion Gleis/Brücke, 21.03.2025
- [16] Verband öffentlicher Verkehr: R RTE 21110 Unterbau und Schotter. Normalspur und Meterspur, 2. Ausgabe, 01.09.2015

6.2 Abbildungen

Titelbild: Schlammaufstöße und Schlupfwelen bei einer RAILplus Bahn.....	1
Abbildung 1: Allgemeine Struktur zur Zuordnung von Fahrbahnschäden	9
Abbildung 2: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Geometrie / Gleislage / Gleislagequalität	10
Abbildung 3: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Schienen	17
Abbildung 4: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Weichen	40
Abbildung 5: Kreuzungspartie Schnitte A/B/C gem. D RTE 22540	49
Abbildung 6: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Dilatationsvorrichtungen	60
Abbildung 7: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Schienenstoss mit Lasche	62
Abbildung 8: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Schwellen und Schienenbefestigung	68
Abbildung 9: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Brücke beim schotterlosen Oberbau.....	77
Abbildung 10: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Schotterbett.....	78
Abbildung 11: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Unterbau	84
Abbildung 12: Zuordnung Schädigungen Fahrbahn - Bankett	86

6.3 Tabellen

Tabelle 1: Schienenfehlercodierungssystem aus SN-EN-17397	18
Tabelle 2: Übersicht der Schäden aus SN-EN-17397 welche in die Schadenskataloge übernommen wurden (graue Spalte). Klassifizierung der Schienenschädigungen nach SN-EN-17397	19