

	Leitfaden	Leitfaden
	Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 1 di 21

Konditionierung und Schmierung des Kontaktes von Rad und Schiene



Verschleissminderung Rad und Schiene → Kostensenkung

Lärmemissionen reduzieren → Umwelt

Sicherheit erhöhen → Entgleisungssicherheit

Der Leitfaden muss durch praktische Erfahrungen und gemeinsames Wissen fortgeschrieben werden. Er steht allen zur Verfügung, wenn folgendes beachtet wird:

- Die Nutzer des Leitfadens sollen mit ihrem auf praktischen Erfahrungen beruhenden Wissen mithelfen, den Leitfaden zu verbessern. Entsprechende Hinweise sind dem Redaktionsteam (Seite 3) zukommen zu lassen.
- Wird der Leitfaden als Grundlage für ein firmeneigenes Dokument verwendet, so unterstützt man dabei die Idee des Leitfadens nicht, was nicht förderlich ist. Es wird in diesem Falle empfohlen, im firmeneigenen Dokument auf den Leitfaden zu verweisen.
- Der Leitfaden dient als «best practice».
- Die Umsetzung ist in der Verantwortung jeder Unternehmung.

	Leitfaden	Leitfaden
	Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 2 di 21

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung zum Leitfaden	5
2	Workshop im Anschluss an die IHRUS Tagung 2018	6
3	Grobplanung für ein mögliches Vorgehen beim Kurvenkreischen	7
4	Probleme erkennen	8
5	Mechanismen verstehen	9
6	Handlungsvarianten zur Minderung erkennen	9
7	Technische Umsetzung (Konditionierung und Schmierung)	10
7.1	Zusammenstellung des derzeitigen Standes bei der Anwendung von SKS und SKK	10
7.1.1	Mögliche Geräte zur mobilen Applikation von SKS und/oder SKK (Anhang A)	11
7.1.2	Mögliche Geräte zur ortsfesten Applikation von SKS und/oder SKK (Anhang B)	11
7.1.3	Mögliche Ansteuerung SKK	11
7.1.3.1	Ansteuerung SKS und/oder SKK (Anhang C)	11
7.1.3.2	Lärmgesteuerte Schienenkonditionierung Konzeptpapier (Anhang D)	11
7.1.4	Schmierstoffe SKS (Anhang E)	11
7.1.5	Konditionierungsmittel SKK (Anhang F)	12
7.1.6	Betriebserfahrungen Betreiber (Anlage G)	12
7.1.7	Systemarchitektur	12
7.2	Anforderung Neubaufahrzeuge	14
7.3	Anforderungen Dienstschmier- und Konditionierfahrzeuge	15
7.4	Zulassung	16
7.4.1	Spurkranzschmierung	16
7.4.2	Schienenkopfkonditionierung	16
8	Erfolgskontrolle der technischen Umsetzung	16
8.1	LCC Komponenten Fahrzeug und Fahrbahn	16
8.1.1	Reduktion von Verschleiss und Schädigung an den Kontaktflächen von Rad und Schiene	18
8.1.2	Schädigung am Oberbau	18
8.1.3	Synergien zur Schallemission	19
8.1.4	Synergien zu den Erschütterungen	19
8.2	Schallemission	19
8.2.1	Akustische Messungen	19
8.2.2	Auswertung	20
8.3	Sicherheit, Zuverlässigkeit	20
9	Qualitätskontrolle über den Lebenszyklus (Nachhaltigkeit)	21
9.1	Festlegung der Indikatoren	21
9.2	Verifikation und Überwachung	21
10	Anhänge	21

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 3 di 21

REVISIONSINDEX

Datum	Revi- sion	Vorgenommene Änderungen	Begründung	Inkraftsetzung
16/09/2019	1.0	Erste Ausgabe		

Redaktionsteam (Koordinatoren):

Roland Müller office@gleislauftechnik-mueller.ch
Armin Zach armin.zach@zachconsulting.ch
Ruedi Beutler ruedi.beutler@schienenverkehr-beratung.ch

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 4 di 21

ABKÜRZUNGEN DER ORGANISATION

AB	Appenzeller Bahnen
BAV	Bundesamt für Verkehr
FW	Frauenfeld - Wil Bahn
IHRUS	Der Verein "INSTANDHALTUNG RAD UND SCHIENE"
SVB	Schienenverkehr-Beratung

ABKÜRZUNGEN

FFT	Fast Fourier Transformation
IH	Instandhaltung
LpAFeq, Tp	A-bewerteter, äquivalenter Dauerschalldruckpegel LpA
Lr	Lärmbeurteilungspegel (gemäss USG/LSV)
LSV	Lärmschutzverordnung
RAMS	R eliability, A vailability, M aintenability, S afety
RCF	R olling C ontact F atigue
RFID	R adio- F requency I dentification
R/S	Rad / Schiene
RTE	R egelwerk T echnik E isenbahn
SAS	Sicherheitsanforderungsstufe
SIL	Safety Integrity Level
SKK	S chienen k opf k onditionierung
SKS	S pur k ranz s chmierung
Tp	Vorbeifahrzeit (Messung Lärm)
USG	Umweltschutzgesetz

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 5 di 21

1 Einführung zum Leitfaden

Viele Meterspurbahnen und Strassenbahnen erbringen ihre Verkehrsleistungen auf Trassierungen, die aus den Gesichtspunkten des Kontaktes von Rad und Schiene in mehrfacher Hinsicht sehr anspruchsvoll sind. Zudem verkehren diese Bahnen und vor allem Strassenbahnen in Ballungszentren, wo die aus dem Rad-Schienen-Kontakt resultierenden Geräusche durch die Bewohner als störend empfunden werden. Mit der Schmierung und Konditionierung im Rad-Schienen-Kontakt wird deshalb versucht, die Aspekte der Fahrsicherheit, des Rad- und Schienenverschleisses und der Umwelt signifikant zu verbessern. Aufgrund eines ersten Erfahrungsaustausches im März 2019 konnte festgestellt werden, dass einige Bahnen Massnahmen eingeleitet haben oder derartige in Erprobung sind, um vor allem dem Verschleiss an Spurkranz/Schienenflanke zu begegnen und das Kurvenkreischen zu beseitigen. Dabei sind einige zentrale Fragestellungen aufgeworfen worden, von denen verschiedene bei einer grossen Teilnehmerzahl als signifikant eingestuft wurden. Da diese Fragestellungen mehrere Bahnen betreffen, wird von diesen ein gemeinsames weiteres Vorgehen begrüsst. In welcher Form (zum Beispiel Arbeitsgruppe «Schmierung und Konditionierung Schnittstelle R/S») dieses weitere Vorgehen erfolgen soll, wird zu einem späteren Zeitpunkt entschieden.

Die Mitglieder einer noch festzulegenden Arbeitsgruppe werden bestrebt sein, eine „Gemeinsame Umsetzungsstrategie“ für die Schmierung/Konditionierung des Kontaktes von Rad und Schiene zu erarbeiten, die „einen Ordnungsrahmen für Massnahmen der Bahnen im Bereich der Schmierung des Kontaktes an der Schienenfahrkante/Spurkranzflanke bzw. Konditionierung an der Schienenfahrfäche/Radlauffläche vorgibt. Diese Strategie zielt vorwiegend darauf ab, eine kohärente und harmonische Umsetzung des Wissenstandes zu ermöglichen. Im Mittelpunkt dieser Strategie stehen methodische Fragestellungen bezüglich eines gemeinsamen Verständnisses der technischen und wissenschaftlichen Anforderungen des Reibungsmanagements Rad/Schiene.

Eines der wichtigsten kurzfristigen Ziele der Strategie liegt in der Erarbeitung von nicht rechtsverbindlichen und praktisch anwendbaren Massnahmen zu verschiedenen technischen Fragen des Reibungsmanagements von Rad und Schiene. Der Leitfaden ist für die Fachleute von mittelgrossen Bahnen gedacht, die die Massnahmen zur Verbesserung des Reibungsverhaltens im Kontakt Rad/Schiene umsetzen. Die Struktur, die Darstellung sowie die Terminologie sind daher an die Bedürfnisse dieser Fachleute angepasst und die Ergebnisse entsprechen «*best practice*». Unter «*best practice*» wird lediglich eine unverbindliche Empfehlung, wie in einem bestimmten Fall vorzugehen ist, verstanden. Sie ist somit flexibler als ein Standard: Bei geänderten Anforderungen oder Bedingungen kann mitunter eine andere Vorgehensweise erfolgversprechender sein.

Der vorliegende Leitfaden gibt die Ergebnisse dieser Arbeitsgruppe wieder. In diesem Leitfaden finden sich die Ergebnisse der seit März 2019 im Rahmen der Arbeitsgruppe durchgeführten Aktivitäten und Diskussionen. Die hier vorgelegten Ergebnisse basieren auf mehreren Fallstudien sowie Beiträgen zahlreicher Fachleute und interessierter Personen, die im Rahmen von Arbeitstreffen, Workshops, Konferenzen oder über elektronische Telekommunikationsmedien in die Ausarbeitung dieses Leitfadens eingebunden waren. Der Leitfaden muss jedoch nicht mit den Ansichten und Meinungen dieser Experten übereinstimmen.

Die Redaktionsgruppe ist der festen Überzeugung, dass der vorliegende Leitfaden eine Schlüsselrolle bei der Umsetzungsstrategie des Reibungsmanagements im Kontakt Rad/Schiene spielen wird.

Bei dem vorliegenden Leitfaden handelt es sich um ein *lebendes Dokument*, das mit wachsender Erfahrung und Anwendung bei den Bahnen von regelmässigem Input und ständigen Verbesserungen lebt. Die zukünftige Arbeitsgruppe sollte bestrebt sein, dieses Dokument in Etappen und in der Folge in der zu jenem Zeitpunkt vorliegenden Form öffentlich machen und es als Grundlage für die Weiterführung der bei den Anwendern jeweils begonnenen Umsetzungsarbeiten vorstellen. Zudem wird es die Arbeitsgruppe begrüssen, wenn sich einige Bahnen bereit erklären würden, diesen Leitfaden am Beispiel ausgewählter Pilot-Projekte zu testen und zu beurteilen, um die praktische Anwendbarkeit des Leitfadens sicher zu stellen. Dies wäre dann auch die Grundlage, um die praktischen Erkenntnisse und das diesen

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 6 di 21

zugrunde liegende Wissen für die Zukunft in einem Standard oder in einer Richtlinie zu konkretisieren und zu sichern.

2 Workshop im Anschluss an die IHRUS Tagung 2018

An der IHRUS-Tagung 2018 im Verkehrshaus in Luzern wurde anlässlich der Vertiefung eines Vortrages über Reibungsmanagement an der Schnittstelle Rad und Schiene beschlossen, einen Workshop unter Beteiligung der interessierten Teilnehmer durchzuführen. Dieser Workshop fand am 11.03.2019 bei BERNMOBIL an der Zieglerstrasse 70a in Bern statt. Die Teilnehmer des Workshops sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Vorname Name	Firma
André Bieri	Rhätische Bahn AG
Andreas Siegrist	BERNMOBIL
Armin Zach	Zach Consulting
Arnold Züger	RBS
Cyrill Gehringer	Lubricant Consult AG
Dominic Graber	Appenzeller Bahnen AG
Hubertus Streblov	Lubricant Consult GMBH
Martin Strobel	Verband öffentlicher Verkehr
Niclas Wiesent	Stadler Bussnang AG
Odilo Ruppen	Matterhorn Gotthard Bahn
Peter Läderach	BERNMOBIL
Peter Wieser	Siemens
Rainer Bammerlin	Basler Verkehrs-Betriebe
Reinhard Zuber	Stadler Bussnang AG
Roland Müller	gleislauftechnikmüller
Ruedi Beutler	svbGmbH
Steffen Gey	SOGPRO GmbH
Volkmar Walz	Zentralbahn
Yannik Fournier	MBC

Tabelle: Teilnehmer Workshop 11.3.2019 bei BERNMOBIL in Bern

Eine enge Zusammenarbeit zwischen Betreiber, Fahrzeughersteller und Anlagenhersteller ist für eine konstruktive Gesamtlösung unabdingbar. Interessant ist der Sachverhalt, dass von der Betreiberseite Strassenbahnen und Meterspurbahnen vertreten waren. Da keine Betreiber von Normalspurbahnen am Workshop teilnahmen, muss davon ausgegangen werden, dass vor allem der Schmalspurbereich mit grösseren Problemen auf dem Gebiet des Reibungsmanagements Rad/Schiene konfrontiert ist. Aufgrund von weltweiten Literaturstudien kann jedoch abgeleitet werden, dass auch Normalspurbahnen mit dieser Problematik konfrontiert sind und daran arbeiten.

Ziel der Organisatoren des Workshops (1. Idee) war:

- Einen aktuellen Überblick über Rad-/Schienenherausforderungen mit Fokus Lärm aufzuzeigen.
- Wo möglich Aktivitäten einzelner Bahnen zu bündeln, Synergien zu erkennen und Zusammenarbeit zu starten, um gemeinsam Erfolg zu haben.
- Antworten auf nicht geklärte Power Question zu finden oder einer Beantwortung zuzuführen.

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 7 di 21

- Von den Erfahrungen der anderen Teilnehmer profitieren zu können.
- Lücken (zentrale Fragestellungen) zu erkennen und aufzulisten.

Anlässlich des Workshops wurden Erfahrungen hinsichtlich Bestrebungen und Anwendungen von Schienenkopfkonditionierung (SKS) und Spurkranzschmierung (SKK) anhand von Kurzvorträgen vorgestellt.

- Bei den Strassenbahnen steht vor allem das Kurvenkreischen im Brennpunkt. Bei Bernmobil sind vor allem hinsichtlich Kurvenkreischen entscheidende Fortschritte durch Verwendung von ortsfesten Anlagen erzielt worden. Jedoch zeigen sich durch solche Anlagen zum Teil unbefriedigende Ergebnisse bei der Lärmverminderung, eine geringe Flexibilität sowie hohe Betriebs- und Erneuerungskosten ab. Aufgrund von guten Ergebnissen, vor allem bei Strassenbahnen in Deutschland (zum Beispiel Würzburg) mit mobilen Schmier- und Konditioniereinrichtungen, montiert auf Fahrzeugen des Regelverkehrs, wird dieser Lösungsweg weiterverfolgt.
- Bei AB/FWB sowie bei der Zentralbahn kommen mobile am Fahrzeug angebrachte Konditionieranlagen zur Anwendung.
 - Bei der Zentralbahn kommt die Konditionierung gegen Kurvenkreischen an insgesamt 5 Hotspots zur Anwendung. Die Konditionierung wird durch am Fahrweg installierte RFID ausgelöst.
 - Bei AB/FWB sind pro Fahrzeug 2 Sprühdüsen (je linke/rechte Schiene) angebracht. Die Auslösung der Sprühimpulse erfolgt durch Lokpersonal (Taster links/rechts) situativ oder nach Betriebsvorschrift.

Im Rahmen von drei Gruppenarbeiten wurden Themen stichwortartig festgehalten, die im Zusammenhang mit dem Reibungsmanagement vertieft werden sollten. Diese sind in den Kapiteln 4, 5 und 6 aufgeführt. Zu einem späteren Zeitpunkt werden diese Stichworte und deren Bedeutung im Zusammenhang mit dem Reibungsmanagement weiter ausgeführt.

3 Grobplanung für ein mögliches Vorgehen beim Kurvenkreischen

Mit Hinblick auf das Kurvenkreischen ergeben sich daraus die folgenden Etappen:

- Die erste Stufe dieses Ansatzes besteht darin, die Komponenten der Lärmquellen zu verstehen und ihre Auswirkungen zu bewerten. Dazu gehören
 - o die Quantifizierung des Kreischgeräusches,
 - o die Trennung des Radkreischens von anderen Lärmquellen,
 - o das Erkennen, welche Räder kreischen und
 - o die Beiträge der bogeninneren und der bogenäusseren Schiene.
- Basierend auf diesen Informationen, insbesondere wenn ein grosser Datensatz verfügbar ist, um statistische Analysen und Trends zu unterstützen, kann ein Verständnis der diesen Erscheinungen zugrunde liegenden Mechanismen entstehen.
- Schliesslich können Lösungen auf die spezifischen Quellen der Mechanismen ausgerichtet werden. Dazu gehört zum Beispiel die Implementierung einer wirksamen Schmierung/Konditionierung.
- Die konstruktive Zusammenarbeit zwischen den Eisenbahnbetreibern, Eisenbahninfrastrukturbetreibern, Herstellern von Schmier- und Konditionierungsmitteln sowie den Fahrzeugherstellern mit Hinblick auf die Verbesserung des Bogenlaufverhaltens von Schienenfahrzeugen ist für das Gelingen des Vorhabens zwingend.

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 8 di 21

4 Probleme erkennen

Kurvenkreischen wird oft als zufälliges Phänomen beschrieben. Es ist im Allgemeinen nicht möglich vorherzusagen, ob ein bestimmtes Rad bei einer bestimmten Zugsdurchfahrt aufgrund des Zusammenspiels vieler Variablen kreischt oder nicht. Die verschiedenen Variablen sind unten stichwortartig aufgeführt und werden zu einem späteren Zeitpunkt detaillierter im Zusammenhang mit dem Kurvenkreischen beschrieben. Die hier aufgeführten Variablen sollen dazu dienen, diejenigen Parameter in einer Matrixform genauer darzustellen, welche je nach Anwendungsfall zum Kreischen führen und dies allenfalls später einem Mechanismus zuzuordnen.

- Trassierung
 - Strassenbahn
 - Meterspurbahn
 - Normalspurbahn
 - Gleisüberhöhung
- Fahrbahn
 - Spurweite (Nominal, Betriebsgrenzmass)
 - Schientyp
 - Schwellentyp und Stützpunktsteifigkeit
 - Art des Oberbaus (Strasse, feste Fahrbahn, Schotter)
 - Instandhaltung
 - Elastizitäten (Stützpunkt Schienen)
- Fahrzeuge
 - Fahrwerk
 - Radpaartyp (Einzelrad, Radsatz)
 - Gelenkkonzept
 - Radlast
 - Instandhaltung
 - Bremse
 - Traktion
- Fahrdynamik
 - Fahrgeschwindigkeit im Bereich wo Kreischen auftritt
 - Überhöhungsfehlbetrag im Bereich wo Kreischen auftritt
- Räder
 - Radprofil
 - Anpassung Radprofil an Schienenprofil
 - Radbauform
 - Stahlgüte
 - Radtechnologie (gummigefedert, Absorber (Bauart))
 - Schwingungen (Eigenformen)
- Schiene
 - Schienenprofil und Paarung mit Radprofil
 - Stahlqualität
 - Instandhaltung (Schleifen, usw.)
 - Schwingungen
 - dritter Layer
- Wetter, Klima, Umwelt

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 9 di 21

- Luftfeuchtigkeit
- Temperatur
- Verschmutzung Schienenfahrfläche (Laub, usw.)

5 Mechanismen verstehen

Es besteht weitverbreitet die Meinung, dass es sich beim Kreischgeräusch um eine oder mehrere Schwingungseigenformen der Räder handelt. Diese Schwingungen sind im höheren Frequenzbereich angesiedelt und werden durch die dynamische Interaktion des Rad-Schienen-Kontaktes angeregt. Da das Kurvenkreischen, wie es der Name schon ausdrückt, in den Kurven auftritt, spielen der Schlupf und die Kraftschlusskräfte eine entscheidende Rolle für die Erzeugung der Erregung. Die Parameter, die diese Mechanismen entscheidend beeinflussen, sind nachstehend aufgeführt. Diese werden mit Fortschreibung des vorstehenden Dokuments vertiefter betrachtet.

- Reibwerte und Kraftschlusskräfte
- Anlaufwinkel Rad/Schiene
- Kräfte am Spurkranz
- Kräfte bogeninnere Schiene
- Stellungsbild Fahrzeug im Bogen
- Welches Rad erfährt welchen Mechanismus
- Freiheitsgrad Räder/Radsätze
- Verformung Schiene dynamisch
- Schwingungen
 - Dämpfung
 - Anregung
- Mechanismen
 - An der bogeninneren Schiene
 - An der bogenäusseren Schiene

6 Handlungsvarianten zur Minderung erkennen

Möglichkeiten zur Eliminierung oder zumindest Reduzierung der Häufigkeit des Auftretens des Kurvenkreischens gibt es einige. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass sich Massnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit unterschiedlich verhalten. Das heisst, dass wenn sich eine Massnahme bei der Anwendung A als erfolgreich erwiesen hat, dieses nicht auch zwangsläufig bei der Anwendung B von Erfolg gekrönt ist. Auch bei den Minderungsmöglichkeiten sind vertiefte Betrachtungen erforderlich. Es ist wichtig zu verstehen, warum an einem Ort eine Massnahme greift und an einem anderen Ort nicht. Daraus werden wichtige Erkenntnisse für den Leitfaden gewonnen.

- Trassierung (Bögen entschärfen)
- Schmierung mit Reibwert $\mu \leq 0.15$
 - Spurkranzflanke
 - Spurkranz Radrücken
 - Schienenflanke
- Konditionieren $\mu \approx 0.35$ Reibwert an Fahrflächen Rad/Schiene
 - Anbringung auf Schienenoberfläche
 - Anbringung auf Radlaufläche (Kriterium Ausladung)
- Weiche Zwischenlagen Schienen Schwellen bei Betonschwellen)
- Fahrzeuge so gestalten, dass Anlaufwinkel Rad/Schiene angepasst ist
- Radtechnologie so, dass Kurvenkreischen nicht auftritt (Dämpfung, Schwingungsentkopplung)
- Schienendämpfer

	Leitfaden	Leitfaden
	Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 10 di 21

- Schmier/Konditionierungsmittel
 - Wasser
 - Sägemehl
 - Fette, Öle
 - Stifte
 - Kombination Feststoffe und Trägermaterial
 - Abstimmung Feststoffe/Trägermaterial
 - Aufzutragende Menge, damit Wirkung für den Gesamtverkehr gegeben ist
- Instrumente für Nachweise Wirkung und Nachhaltigkeit.
- Beachten, dass die beiden Reibwertminderer nicht gegenseitig vermischt werden.

7 Technische Umsetzung (Konditionierung und Schmierung)

Schienen und Räder sind kapitalintensive Vermögenswerte für jede Eisenbahn. Geeignete Wartungsstrategien wirken sich auf die Lebensdauer und die Wartungskosten dieser Vermögenswerte aus. Die Investition in die Instandhaltung der Eisenbahn hat grosse Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wartbarkeit und Sicherheit (RAMS) des Eisenbahnbetriebs. Erhöhte Achslasten und längere Züge stellen die Instandhaltung von Schienen und Rädern vor grosse Herausforderungen.

Das Streben nach einem ausgewogenen Verhältnis zwischen dem, was gut ist für den Betrieb der Eisenbahn sowie für die Interaktion zwischen Schienen und Schienenfahrzeugen, hat zu effizienten und umweltbewussten Anwendungen geführt. Die beiden Methoden der Kontaktflächenbeeinflussung von Rad und Schiene sind die Spurkranzschmierung und die Schienenkopfkonditionierung.

Das konsequente Halten des Reibungskoeffizienten auf dem erforderlichen Niveau kann dazu beitragen, den Verschleiss, die Entwicklung von Rollkontaktermüdung (RCF), die Entwicklung von kurzweiligen Fahrflächenfehler an Schienen in Kurven (Schlupfwellen) und an Radlauflächen als Folge des Bogenlaufs sowie die Schallemission bei Fahrt in engen Bögen (Kurvenkreischen) zu verringern. Dies kann auch dazu beitragen, das Selbststeuerungsverhalten der Fahrzeuge bei Fahrt im Bogen zu verbessern sowie insbesondere in den Bögen dank reduziertem Rollwiderstand zu Energieeinsparungen zu führen.

Normalerweise sollte die Schmierung zwischen dem Spurkranz und der Schienenflanke in allen Kurven angewendet werden, in denen sich aufgrund der Erfahrungen ein erhöhter Schienenflankenverschleiss gezeigt hat. Wird in diesen Bereichen geschmiert, so hat dies auch günstige Auswirkungen auf den Spurkranzverschleiss der Räder. Die meisten derzeit in den Fahrzeugen eingesetzten Spurkranzschmieranlagen tragen diesem Sachverhalt nicht Rechnung.

Die Anwendung der Fahrflächenkonditionierung befindet sich noch in einem frühen Stadium. Labortests und lokale Feldversuche haben gezeigt, dass eine solche Anwendung sich positiv auf die Verringerung der Fahrflächenschädigung und des Fahrflächenverschleisses an Rad und Schiene als Folge erhöhter Kraftschlusskräfte, der plastischen Verformungen unterhalb der Kontaktflächen an den Rad- und Schienen, auf die Schallemission in Bögen (Kurvenkreischen) und auf den Energieverbrauch auswirken.

7.1 Zusammenstellung des derzeitigen Standes bei der Anwendung von SKS und SKK

Um möglichst viele Erfahrungen bezüglich des derzeitigen Standes bei der Anwendung von SKS und SKK bei den Betreibern (Vollbahnen, Strassenbahnen) und bei den Herstellern (Fahrzeuge, Schmier- und Konditionierungsmittel, Gerätschaften) zusammenzutragen, hat das Redaktionsteam die Anhänge A bis F erstellt. Diese wurden unter den Teilnehmern des Workshops verteilt mit der Bitte, deren Erfahrungen in den dort aufgeführten Tabellen einzubringen. Eine Beschreibung des jeweiligen Systems auf Basis einer Systemarchitektur wäre wünschenswert. Was unter dem Begriff Systemarchitektur technischer Systeme zu verstehen, wird in Kapitel 7.1.7 kurz beschrieben (es besteht dazu eine umfangreiche Literatur in verschiedenen Sprachen).

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 11 di 21

7.1.1 Mögliche Geräte zur mobilen Applikation von SKS und/oder SKK (Anhang A)

Im Anhang A werden die mobilen Gerätschaften für die Anwendungen SKS bzw. SKK behandelt. Dabei handelt es sich um Anwendungen, die auf Fahrzeugen implementiert sind. Zu den Elementen der Schmier- und Konditionieranlagen gehört die gesamte Kette vom Tank über die Fördereinrichtung bis zur Düse. Dies beinhaltet auch fahrzeuginhärente Systeme, welche neben ihrem primären Verwendungszweck für Funktionen des Schmier- bzw. Konditionierungssystems verwendet werden. Der Anhang A enthält eine Tabelle, welche durch Hersteller bzw. Hersteller gemeinsam mit Betreibern bearbeitet werden können. In der Tabelle werden die Produkte und deren Funktionalitäten beschrieben. Bei den in der Tabelle aufgeführten Funktionalitäten handelt es sich um einen Vorschlag der Redaktionsgruppe. Diese können je nach Bedarf und Erfahrungen erweitert werden. Im zweiten Teil werden die Bahnen aufgeführt, bei denen dieses System angewendet wird. Dabei kann auch über Erfahrungen bei den Anwendungen berichtet werden (Erfahrungen der Bahnen selbst oder Erfahrungsrückfluss beim Hersteller falls vorhanden).

7.1.2 Mögliche Geräte zur ortsfesten Applikation von SKS und/oder SKK (Anhang B)

Im Anhang B werden die Gerätschaften behandelt, die für die ortsfesten Anwendungen SKS bzw. SKK verwendet werden. Dabei handelt es um Anwendungen, die am und neben dem Gleis implementiert sind. Zu den Elementen der Schmier- und Konditionieranlagen gehört die gesamte Kette vom Tank über die Fördereinrichtung bis zur Düse. Hinzu kommen bei ortsfesten Anwendungen zusätzlich erforderliche Elemente, die für den Betrieb der Anlage erforderlich sind. Der Anhang B enthält eine Tabelle, die durch Hersteller bzw. Hersteller gemeinsam mit Betreibern bearbeitet werden können. In der Tabelle werden die Produkte und Funktionalitäten beschrieben. Bei den in der Tabelle aufgeführten Funktionalitäten handelt es sich um einen Vorschlag der Redaktionsgruppe. Diese können je nach Bedarf und Erfahrungen erweitert werden. Im zweiten Teil werden die Bahnen aufgeführt, bei denen dieses System angewendet wird. Dabei kann auch über Erfahrungen bei den Anwendungen berichtet werden (Erfahrungen der Bahnen selbst oder Erfahrungsrückfluss beim Hersteller falls vorhanden).

7.1.3 Mögliche Ansteuerung SKK

7.1.3.1 Ansteuerung SKS und/oder SKK (Anhang C)

Im Anhang C werden mögliche Ansteuerungen für die mobilen SKK betrachtet. Diese können mit den Ansteuerungen für SKS kombiniert werden. Für die automatisierte Ansteuerung wird es notwendig sein, eine programmierbare Hardware vorzusehen. Die dabei verwendete Software muss keinen Sicherheitsanforderungen genügen. Der Anhang C enthält eine Tabelle, die durch Hersteller bzw. Hersteller gemeinsam mit Betreibern bearbeitet werden können. In der Tabelle werden die Kriterien für die Ansteuerung/Auslösung und deren Parameter/Funktionalitäten für die Auslösung beschrieben. Bei den in der Tabelle aufgeführten Funktionalitäten handelt es sich um einen Vorschlag der Redaktionsgruppe. Diese können je nach Bedarf und Erfahrungen erweitert werden. Im zweiten Teil werden die Bahnen aufgeführt, bei denen dieses System angewendet wird. Dabei kann auch über Erfahrungen bei den Anwendungen berichtet werden (Erfahrungen der Bahnen selbst oder Erfahrungsrückfluss beim Hersteller falls vorhanden).

7.1.3.2 Lärmgesteuerte Schienenkonditionierung Konzeptpapier (Anhang D)

Der Anhang D enthält einen möglichen Lösungsvorschlag für eine lärmbasierte Ansteuerung. Dieser berücksichtigt Lärmquellen, die durch das Anlaufen der bogenäusseren Räder einerseits bedingt sind und andererseits auf das Kreischen der bogeninneren Räder zurückzuführen sind.

7.1.4 Schmierstoffe SKS (Anhang E)

Im Anhang E sind verschiedene Schmierstoffe für SKS aufgeführt. Der Anhang E enthält eine Tabelle, die durch Hersteller bzw. Hersteller gemeinsam mit Betreibern bearbeitet werden können. In der Tabelle werden die Kriterien für die Ansteuerung/Auslösung und deren Parameter/Funktionalitäten für die Auslösung beschrieben. Bei den in der Tabelle aufgeführten Funktionalitäten handelt es sich um einen Vorschlag der Redaktionsgruppe. Diese können je nach Bedarf und Erfahrungen erweitert

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 12 di 21

werden. Im zweiten Teil werden die Bahnen aufgeführt, bei denen dieses System angewendet wird. Dabei kann auch über Erfahrungen bei den Anwendungen berichtet werden (Erfahrungen der Bahnen selbst oder Erfahrungsrückfluss beim Hersteller falls vorhanden).

7.1.5 Konditionierungsmittel SKK (Anhang F)

Im Anhang F sind verschiedene Konditionierungsmittel für SKK aufgeführt. Der Anhang F enthält eine Tabelle, die durch Hersteller bzw. Hersteller gemeinsam mit Betreibern bearbeitet werden können. In der Tabelle werden die Kriterien für die Ansteuerung/Auslösung und deren Parameter/Funktionalitäten für die Auslösung beschrieben. Bei den in der Tabelle aufgeführten Funktionalitäten handelt es sich um einen Vorschlag der Redaktionsgruppe. Diese können je nach Bedarf und Erfahrungen erweitert werden. Im zweiten Teil werden die Bahnen aufgeführt, bei denen dieses System angewendet wird. Dabei kann auch über Erfahrungen bei den Anwendungen berichtet werden (Erfahrungen der Bahnen selbst oder Erfahrungsrückfluss beim Hersteller falls vorhanden).

7.1.6 Betriebserfahrungen Betreiber (Anlage G)

Die Anlage G richtet sich vor allem an Betreiber. Über Erfahrungen kann sowohl von der Fahrzeugseite (Fahrzeug/e) als auch von der Seite der festen Anlagen (Strecke/n) berichtet werden. Die dabei betrachteten Schwerpunkte betreffen die Produkte/Systeme, die damit gemachten Erfahrungen und die dabei erzielten Ergebnisse. Bei den in der Tabelle aufgeführten Argumenten/Kriterien handelt es sich um einen Vorschlag der Redaktionsgruppe. Diese können je nach Bedarf und Erfahrungen erweitert werden. Weitere Erkenntnisse können unter der Rubrik «Bemerkungen» aufgeführt werden. Insbesondere interessiert hier auch, welche Erfahrungen die Betreiber bei der Beschaffung, Installation und bei der Inbetriebsetzung gemacht haben.

7.1.7 Systemarchitektur

Die Systemarchitektur ist ein konzeptionelles Modell, das die Struktur und das Verhalten eines Systems beschreibt. Ein System besteht im Allgemeinen aus mehreren Komponenten und Subsystemen. Sie müssen alle korrekt zusammenarbeiten, um das gesamte System zu implementieren. Dies kann dadurch erschwert werden, wenn unterschiedliche Unterlieferanten an der Erstellung des Systems beteiligt sind.

Die Abbildung 1 zeigt eine vereinfachte Systemarchitektur am Beispiel des Lötchbergers der BLS, der im Probetrieb mit einer Konditionieranlage ausgerüstet ist. Ziel ist hier vor allem die Reduktion der Kraftschlusskräfte R/S mit Hinblick auf die Minderung der Ausbildung von Rollkontaktermüdung an den Radlaufflächen.

	Leitfaden	Leitfaden
	Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 13 di 21

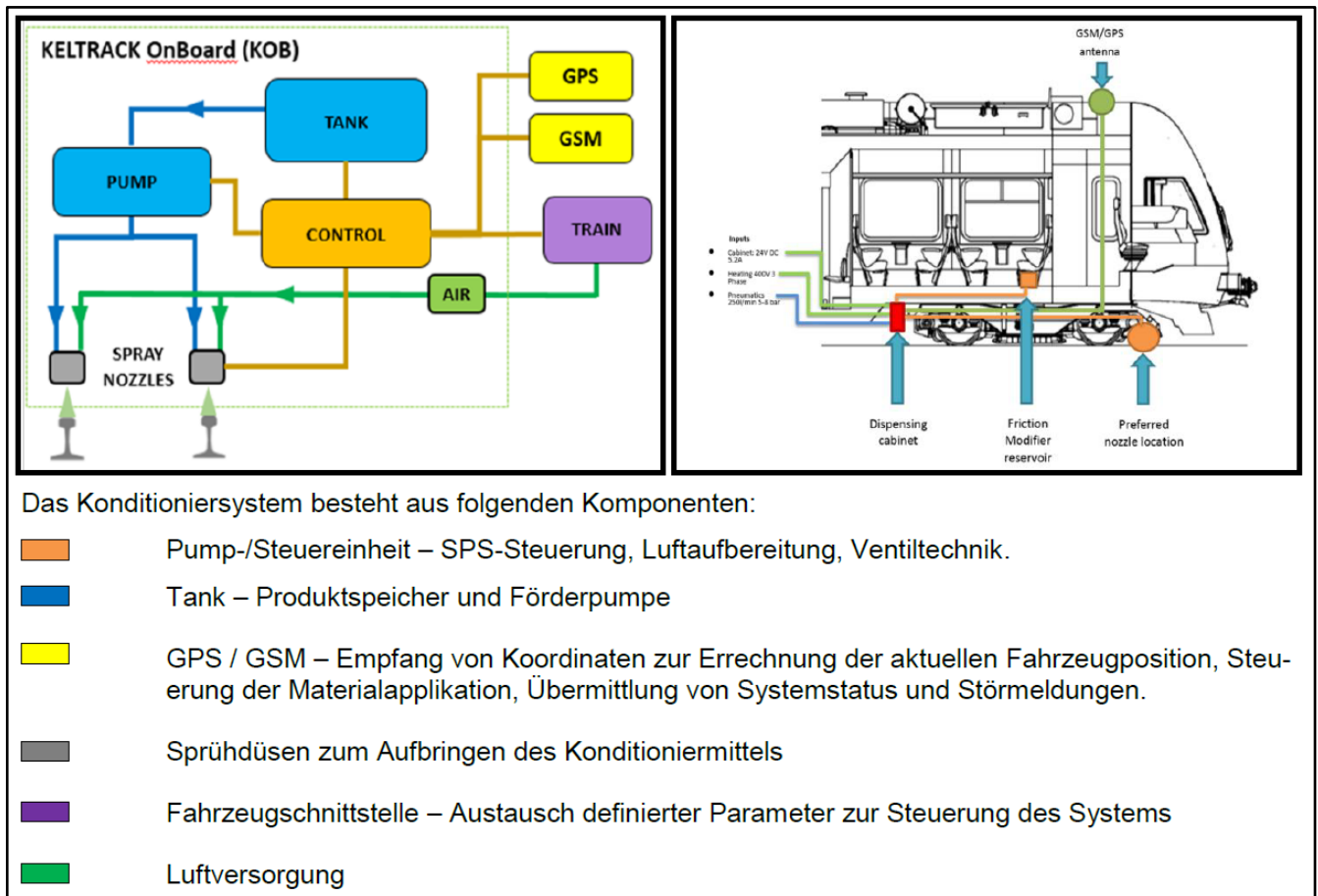


Abbildung 1: Vereinfachte Systemarchitektur (Quelle BLS, Lötschberger)

Eine Systemarchitekturbeschreibung ist eine formale Beschreibung, die die Struktur und das Verhalten des gesamten Systems erläutert. Ausgehend von den Anforderungen in der Gesamtsystemspezifikation (Pflichtenheft) wird eine mögliche Struktur der Systemarchitektur beziehungsweise einer Unterstützungssystemarchitektur erarbeitet.

Im Rahmen der Dekomposition wird die statische Struktur des Systems beziehungsweise Unterstützungssystems festgelegt. Die statische Struktur beschreibt die Zerlegung in Segmente und Einheiten. Für jede im Rahmen der Dekomposition identifizierte Einheit wird festgelegt, ob es sich um eine Hardware-, eine Software- oder eine Externe Einheit handelt. Grundlage der Dekomposition sind die Anforderungen aus der Systemspezifikation.

Die Systemspezifikation beschreibt alle funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen an ein Systemelement (System, Unterstützungssystem oder Segment). Bei der Spezifikation sind für das jeweils zu beschreibende Systemelement (System, Unterstützungssystem, Segment) die Anforderungen und Schnittstellen festzulegen und präzise zu beschreiben.

Eine Schnittstelle repräsentiert die Grenze eines Systemelements zu seiner Umgebung. Sie beschreibt, welche Daten an der Systemgrenze ausgetauscht werden und die logischen Abhängigkeiten. Damit definiert die Schnittstelle die Dienste, die vom Systemelement zu erbringen sind. Ein Systemelement kann mehrere Schnittstellen unterstützen. In der Schnittstellenübersicht der Systemarchitektur beziehungsweise der Unterstützungs-Systemarchitektur werden die Schnittstellen des Systems sowie die Schnittstellen seiner Systemelemente im Überblick dargestellt. Zur Beschreibung der Schnittstellenübersicht wird jeweils nur die Kommunikation auf einer Ebene betrachtet:

	Leitfaden	Leitfaden
	Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 14 di 21

- Auf Ebene des Systems beziehungsweise Unterstützungssysteme werden die Schnittstellen der Systeme untereinander sowie zur Umgebung beschrieben.
- Auf Ebene der Segmente werden die Schnittstellen zwischen den Segmenten innerhalb des Systems beziehungsweise Unterstützungssysteme beschrieben.
- Auf Ebene der Einheiten werden die Schnittstellen zwischen den Einheiten innerhalb des Segments beschrieben.

7.2 Anforderung Neubaufahrzeuge

Die Spurkranzschmierung für Eisenbahnfahrzeuge der Normalspur sind bereits heute in Normen und Regelwerken geregelt:

- Die EN 15427 befasst sich mit der Behandlung der Reibung zwischen Rad und Schiene durch die Spurkranzschmierung. Sie enthält Anforderungen an die Schmierung an der Kontaktstelle zwischen Spurkranz und Schienenflanke. Hier werden Systeme beschrieben, die an Bord von Zügen und an den Gleisen montiert sind.
- Die EN 16028 befasst sich mit der Prüfung der Schmiermittel die für die Spurkranzschmierung zum Einsatz gelangen. Die Norm definiert die Anforderungen an Schmierstoffe, die für die Schmierung der Kontaktfläche zwischen Spurkranz und der Schienenfahrkante (aktive Kontaktfläche) vorgesehen sind.
- Die R RTE 49410 definiert, welchen Beitrag die Fahrzeuge, die die Schweizer Normalspur-Schienennetze befahren, zur Fahrkanten-Schmierung zu leisten haben. Ziel ist es, den Verschleiss zwischen Spurkranz und Fahrkante zu reduzieren. Durch die Anwendung der Vorgaben dieser Regelung ist nicht sichergestellt, dass jederzeit eine durchgehend geschmierte Fahrkante gewährleistet ist. Dies kann weder fahrzeugeseitig noch durch die Infrastruktur sichergestellt werden.

Nachdem diese Regelwerke und Normen für die Normalspurbahnen gültig sind, ist zu prüfen, inwieweit diese oder Teile davon im Bereich der Meterspurbahnen bzw. Strassenbahnen angewendet werden können. Für den Bereich der Schienenkopfkonditionierung fehlen jedoch derzeit vergleichbare Normen und Regelwerke.

Neben dem Verschleiss an der Spurkranzflanke bzw. an der Schienenfahrkante treten jedoch vermehrt auch ungünstige Veränderungen an den Fahrflächen von Rad (Hohllauf, Rollkontaktermüdung, periodische Rundheitsabweichungen, usw.) und Schiene (Schlupfwellen, Berührungsgeometrie, Rollkontaktermüdung, usw.) auf. Zur Minderung dieser Erscheinungen sind geeignete Massnahmen bei der Fahrzeugkonstruktion, bei den Stahlqualitäten der Räder und Schienen sowie bei der Konditionierung des Kontaktes der Fahrflächen R/S erforderlich. Je nach Problemstellung und Einsatzgebiet können einzelne Minderungsmassnahmen oder eine Kombination von mehreren davon zielführend sein.

Die Schmierung bzw. Konditionierung, die Bogenlaufeigenschaften der Fahrzeuge in Abhängigkeit der Trassierungsgegebenheiten und die verwendete Radtechnologie sind wichtige Parameter, die darüber entscheiden, ob in den Bögen unterhalb eines bestimmten Bogenhalbmessers Kurvenkreischen auftritt.

Hinsichtlich der Spurkranzschmierung, der Fahrflächenkonditionierung als auch der Bogenlauffähigkeit der Fahrzeuge in Verbindung mit der Berührungsgeometrie Rad Schiene ergeben sich eine Menge von Anforderungen an die Fahrzeugkonstruktion. Einige davon sind nachstehend aufgeführt und werden in einer späteren Projektphase weiter vertieft:

- Zug – und Bremskraftregelung in der Phase der Inbetriebnahme gemeinsam optimieren auf Verschleiss und Fahrplan
- Spurkranzschmierung (SKS) + Schienenkopfkonditionierung (SKK)
 - gemeinsame Parametrierung z. B. Intervalldauer, Sprühmenge, Sprührichtung, ...
 - Seiten- /kurvenselektiv

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 15 di 21

- automatisch und witterungsabhängig (Feuchtigkeit)
- Datensammlung (logging) für IH-Optimierung
- Radprofil in Abhängigkeit vom Schienenprofil
- Geeignete konstruktive Massnahmen/Vorgaben z. B. Achslast, radialeinstellbare Achsen, Radwerkstoff, Radabstand
- Bremssystem – Scheiben- oder Klotzbremse, evtl. Putzklotzbremse
- Max. erlaubte Beschleunigungen
- Max. erlaubter Schlupf

7.3 Anforderungen Dienstschmier- und Konditionierfahrzeuge

Hier geht es grundsätzlich um die Frage, wie die zukünftigen Anforderungen und Abläufe für die Schmierung/Konditionierung des Rad-/Schienenkontaktes aussehen sollen. Während die Schmierung der Spurkränze/Schienenflanken schon längere Zeit weltweit zur Anwendung gelangt, ist die Konditionierung des Fahrflächenkontaktes heute noch nicht weit verbreitet und wird derzeit mit einigen Ausnahmen noch kaum angewendet.

Es gibt keinen Grund, das derzeit schweizweit bewährte System der Spurkranzschmierung umfassend zu ändern. Dies bedeutet, dass die Schmierung in erster Linie mit fahrzeugseitigen Spurkranzschmieranlagen erfolgt. Einige Bahnen jedoch (zum Beispiel Norwegen) wenden in bestimmten Jahreszeiten und unter bestimmten betrieblichen Bedingungen (Trockenperioden, Mai bis September, Strecken mit vorwiegend Güterverkehr), in denen eine zusätzliche Schmierung erforderlich ist oder auf Strecken in welchen die bestehenden fahrzeugseitigen Einrichtungen nicht ausreichen, zusätzliche «Schmierzüge» an, die die Mangelschmierung ergänzen. Stationäre Schmiereinrichtungen sollten nur in besonderen Situationen eingesetzt werden (zum Beispiel Zungenbereiche von in Ablenkung befahrenen engen Weichen, usw.). Trotzdem wird oft vernachlässigt, dass die Schmierung aus wirtschaftlicher Sicht situativ angewendet werden sollte. Dies ist jedoch eine Anforderung, welche mit älterem Rollmaterial kaum realisierbar ist. Jedoch sollte dies bei der Neubeschaffung von Fahrzeugen berücksichtigt werden. Wie dies jedoch in die Praxis umgesetzt werden muss, lässt sich mit einer einfachen Regel nicht beschreiben, sondern muss daher von Fall zu Fall unter Berücksichtigung mehrerer Einflussfaktoren festgelegt werden. Die Indikatoren für die Bewertung der richtigen Systemapplikation sind festzulegen und müssen sich letztlich in der Verringerung des Verschleisses an den Spurkranzflanken der Räder und an den Schienenflanken der bogenäusseren Schienen äussern. In Fällen, wo eine erhöhte Schallemission aufgrund der Geräusche durch das Anlaufen der Spurkränze an den bogenäusseren Schienen beobachtet wird, ist die bisherige Schmierpraxis zu überdenken.

Ähnliche Überlegungen wie oben bei der Spurkranzschmierung sind auch bei der Konditionierung des Rad-Schienenkontaktes anzustellen. Neben dem Kurvenkreischen, in der Regel angeregt durch die vorlaufenden bogeninneren Räder, ergeben sich durch die Konditionierung auch Synergien hinsichtlich reduzierter Lebenshaltungskosten verursacht durch eine Minderung von Verschleiss und verschiedenen Schädigungsarten an den Fahrflächen von Rädern und Schienen.

Bei der Festlegung der Anforderungen an die fahrzeugseitigen Einrichtungen für die Schmierung und Konditionierung sollten die nachstehend aufgeführten Themenkreise vertieft werden:

- Jederzeit verfügbar.
- Situativer Einsatz bei Lärmproblemen.
- Präventiver Einsatz bei Verschleissproblemen.
- Ortung: Genauigkeit 5 m.
- Auslösung Schmiervorgang, so dass ganze Kurve konditioniert wird.
- Automatisierte Konditionierung über Steuerungssystem.
- Im Bedarfsfalle von Hand auslösbar (Funktionstests).
- Konditionierungsmittelmenge regulierbar (Impulssteuerung).

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 16 di 21

- Konditionierungsseite unabhängig steuerbar.
- Witterungsabhängige Steuerung.
- Sicherstellung, dass Konditionierungsmittel ausschliesslich auf den Schienenkopf, bzw. Lauffläche gelangt.
- Sprühdüse abgestimmt auf Konditionierungsmittel.
- Sprühdüse justierbar auf Radabnutzung.
- Dokumentation von Ort und Menge der Konditionierung.
- Einbau in kommerziell genutzten Fahrzeugen.
- Nachrüstbar auf bestehende Fahrzeuge.
- Einfache Wartung und Nachfüllung.
- Füllstandsüberwachung.
- Rührwerk im Behälter (Entmischung des Konditionierungsmittels).
- Verfügbarkeit Ersatzteile.
- Einsatzbereich -20°C bis + 40°C Aussenlufttemperatur.

7.4 Zulassung

7.4.1 Spurkranzschmierung

Ein sicherer Bahnbetrieb ist nur möglich, wenn in Bögen, also auch in Weichen in ablenkender Stellung, die Schienenflanken einen Schmierfilm aufweisen. Fahrzeuge müssen also mit entsprechenden Spurkranzschmieranlagen ausgerüstet sein. Bei der Nutzung der Infrastrukturen der Normalspurbahnen ist das Vorhandensein funktionierender Spurkranzschmieranlagen (R RTE 49410 Spurkranzschmiervorrichtung an Schienenfahrzeugen) eine Voraussetzung. Soll auf einen Schmierfilm verzichtet werden, benötigt das Eisenbahnverkehrsunternehmen dafür eine Zulassung.

7.4.2 Schienenkopfkonditionierung

Ein sicherer Bahnbetrieb ist nur möglich, wenn der durch die Konditionierung aufgebrauchte Film den Bremsweg aller Bremsen (Antriebsbremsen, Radbremsen und Magnetschienenbremsen) und bei allen möglichen Witterungen nicht verlängert. Die Hersteller des Konditionierungsmittel müssen für ihre Konditionierungsmittel entsprechende Zulassungen des BAV vorlegen können. Möglicherweise ist die Zulassung mit einem bestimmten Applikationssystem verbunden. Davon abweichende Kombinationen sind somit zulassungspflichtig. Vorgehen gemäss D RTE 49100 Nachweisführung bei Änderungen an Eisenbahnfahrzeugen. Der Antrag geht dabei um die Änderung der Reibwerte zwischen Rad und Schiene. Im Sinn einer Qualitätskontrolle sollten bei Neuanwendungen Bremswegmessungen mit und ohne Schienenkopfkonditionierung und bei unterschiedlichen Witterungen durchgeführt werden.

8 Erfolgskontrolle der technischen Umsetzung

8.1 LCC Komponenten Fahrzeug und Fahrbahn

Für das vorstehende Projekt könnte ein Business Case erstellt werden. Ein Business Case ist ein Szenario zur betriebswirtschaftlichen Beurteilung einer Investition. Auch ein Projekt und die aus diesem für die Umsetzung resultierenden Investitionskosten stellen eine Investition dar und müssen deshalb ihre Vorteilhaftigkeit gegenüber der Geschäftsleitung unter Beweis stellen. Um den Mitteleinsatz zu rechtfertigen, muss dem Management aufgezeigt werden, welchen Gegenwert („Return“) es von dem Projekt erwarten kann. Hierzu müssen Annahmen hinsichtlich der voraussichtlichen Kosten des Projektes und der mit seinen Ergebnissen erwarteten Ertragsauswirkungen und Kosteneinsparungen getroffen werden. Im Rahmen der Business-Case-Erstellung werden alle Kostenfaktoren und alle Nutzenaspekte für ein spezifisches Projekt erhoben, quantifiziert und dokumentiert. Diese finanziellen Grössen werden für einen festgelegten Zeitraum erfasst und einander gegenübergestellt – im Falle von Investitionen am Gleis über einen Zeithorizont von 30 Jahren (siehe Abbildung 2). Im Wesentlichen ergeben sich daraus Antworten zu folgenden Fragen:

	Leitfaden	Leitfaden
	Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 17 di 21

- Was sind die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen, wenn das Vorhaben durchgeführt wird? Welche Ausführungsalternativen gibt es und wie beeinflussen diese die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens?
- Welche Risiken gibt es, wie werden diese adressiert (Risk-Management) und wie beeinflusst die Wahl von etwaigen Risikoalternativen die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens?
- Welchen Beitrag leistet das Vorhaben zur Erreichung von strategischen Zielen (Strategic-Alignment) und wie verändert sich die Wirtschaftlichkeit bei unterschiedlichen Strategieausprägungen?
- Was passiert, wenn das Projekt nicht durchgeführt wird?

Ein Business Case fasst alle entscheidungsrelevanten Aspekte eines geplanten Vorhabens mit dem Ziel zusammen, die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit und strategische Konformität des Gesamtprojekts aufzuzeigen und eine abschließende Management-Entscheidung über dessen Ausführung zu ermöglichen.

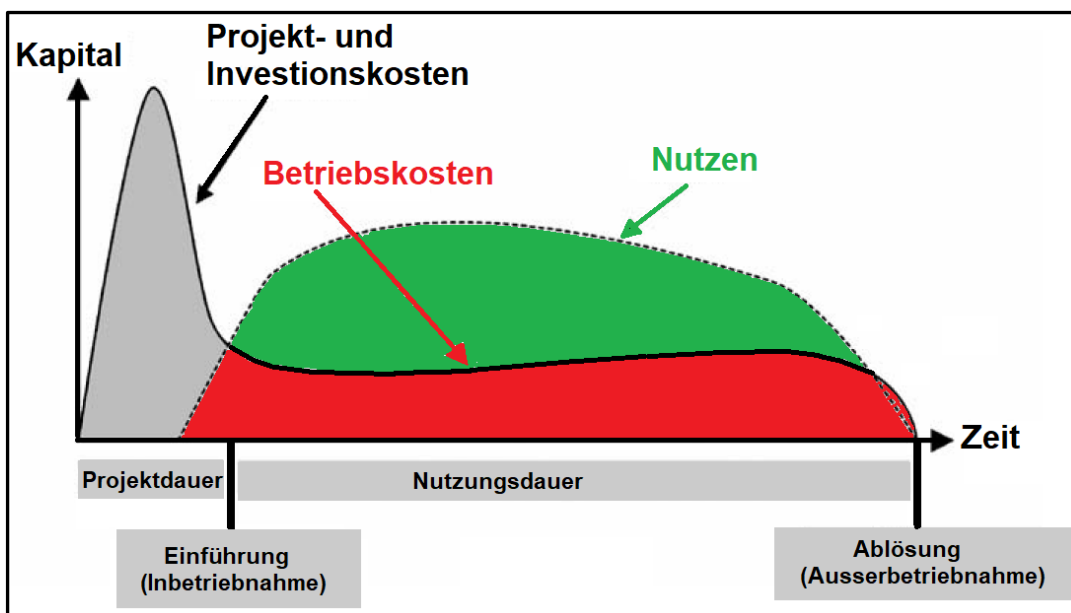


Abbildung 2: Kosten und Nutzen bestimmen den Wertbeitrag.

Zum Beispiel müssen im Mittelpunkt des Business Case für das Entwicklungsprogramm für Erschütterungsschutzmassnahmen die Auswirkungen auf die Interessengruppen der Eisenbahnbranche stehen, einschliesslich der Infrastrukturbetreiber, der Betreiber des Güter- und Personenverkehrs Fracht- und Passagierbetreiber sowie der Benutzer,

- im Falle des Güterverkehrs diejenigen deren Fracht bewegt wird,
- im Falle des Reiseverkehrs die Reisenden,
- im Falle von subventionierten Verkehren die Allgemeinheit.

Es muss gezeigt werden, dass für diese Stakeholder die Vorteile des Entwicklungsprogramm für Erschütterungsschutzmassnahmen die Kosten überwiegen.

	Interessensgruppen			
	Infrastrukturbetreiber	Zugbetreiber	Endnutzer	Dritte
Auswirkungen	Änderungen bei Kosten und Erträgen	Betreiber Güterverkehr:	Änderungen bei Kosten und Nutzen	Umwelt und Externe:

	Leitfaden	Leitfaden
	Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 18 di 21

	Interessensgruppen			
	Infrastrukturbetreiber	Zugbetreiber	Endnutzer	Dritte
		Änderung in Kosten und Erträgen Betreiber Reiseverkehr: Änderung in Kosten und Erträgen		CO ₂ , Schallemission, Erschütterungen. Staatliche Stellen: Zuschuss- oder Subventionsanforderungen.

Tabelle 1: Gerüst des Business Case – Tabelle mit den Auswirkungen (oberste Ebene)

8.1.1 Reduktion von Verschleiss und Schädigung an den Kontaktflächen von Rad und Schiene

Durch die fahrzeuggebundenen Einrichtungen für Schmierung und Konditionierung sowie für die Verwendung von Schmier- bzw. Konditionierungsmittel entstehen zusätzliche Investitions- bzw. Betriebskosten. Diesen Kosten steht jedoch ein Nutzen in verschiedenen Bereichen gegenüber.

Einerseits lassen sich schon heute bei den Betriebskosten von Spurkranzschmieranlagen Betriebskosten reduzieren, wenn die Spurkranzschmierung gezielt wirkungsbezogen zur Anwendung gelangt. EVUs, welche effiziente Spurkranzschmierung einsetzen werden durch geringere Lebenszykluskosten bei den Rädern belohnt. Andererseits entstehen durch die geringere Abnutzung an den Schienenflanken geringere Lebenszykluskosten bei der Fahrbahn. Es muss geprüft werden, ob diesem Sachverhalt auch bei den Trassenpreisen entsprechend Rechnung getragen wird.

Es gibt begründete Hinweise dafür, dass sich durch die Konditionierung der Kontaktflächen von Rad und Schiene Abnutzung und Schädigungen an Fahrflächen der Schienen und der Räder reduzieren lassen. Dabei liegt das Schwergewicht vor allem bei der Interaktion Rad/Schiene in jenen Trassierungsbereichen, in welchen erhöhte Kraftschlusskräfte auftreten. Das sind zunächst mal die Bögen mit sehr kleinen bis mittleren Bogenhalbmessern. Zwar lässt sich die Schädigung an der Schnittstelle Rad/Schiene durch verbesserte bogenfreundlichere Fahrwerke und widerstandsfähigere Stahlqualitäten bei Rad und Schiene mindern. Verbesserte Stahlqualitäten setzen jedoch bei der Minderung an den Auswirkungen an. Die den Schädigungen zugrunde liegenden Mechanismen und damit die Ursachen für diese werden dadurch jedoch nicht betrachtet. Die Ursachen für die Schädigungen liegen jedoch bei den Kraftschlusskräften und bei den Kontaktspannungen im Rad-Schienen-Kontakt. Werden diese reduziert, so müssten sich Verbesserungen in den folgenden Bereichen einstellen:

- Umlaufende Schädigungen im Bereich der Radlaufflächen (periodische Rundheitsabweichungen, Rollkontaktermüdung, usw.);
- Rollkontaktermüdung an den bogenäusseren Schienen;
- Schlupfwellenbildung an den bogeninneren Schienen;
- Ermüdungsschäden im Bereich der Weichenzungen und allenfalls im Bereich der Herzstücke von Weichen.

Zudem haben reduzierte Kraftschlusskräfte auch geringere Rad-Schienen-Kräfte in der Richtung waagrecht/quer zur Folge. Dies verringert den abrasiven Verschleissabtrag im Bereich der Fahrflächen von Rad und Schiene.

8.1.2 Schädigung am Oberbau

Periodische Rundheitsabweichungen an den Rädern und periodische Höhenabweichungen an den Fahrflächen der Schienen sowie Schädigungen an den Fahrflächen von Rad und Schiene haben Auswirkungen auf Schädigungen an den Fahrwerken der Fahrzeuge und an den Oberbaukomponenten des

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 19 di 21

Fahrwegs. Diese Erscheinungen und damit die Ursachen für Schäden werden durch eine verbesserte Pflege des Rad-Schienen-Kontaktes gemindert.

8.1.3 Synergien zur Schallemission

Durch Schmierung und Konditionierung lassen sich unter gewissen Voraussetzungen die Geräusche aus dem Kontakt des Spurrandes mit der bogenäusseren Schiene reduzieren und das Kreischen an der bogeninneren Schiene als Folge des hochfrequenten Kontaktes von Rad/Schiene reduzieren. Durch die Reduktion von Verschleiss (Schlupfwellen, periodische Rundheitsabweichungen) und die Schädigungen an den Fahrflächen reduziert sich die Schallemission insgesamt.

8.1.4 Synergien zu den Erschütterungen

Hauptursachen für die Erschütterungen in bahnbenachbarten Gebäuden sind, neben den Weichen und dort vor allem den Herzstückbereichen, die Fehler an den Fahrflächen der Räder. Durch eine verbesserte Pflege des Rad-Schienen-Kontaktes lassen sich Erschütterungen signifikant vermindern.

8.2 Schallemission

8.2.1 Akustische Messungen

Mit der technischen Umsetzung sollen in erster Priorität die Dauer und Häufigkeit der Kreischgeräusche reduziert werden; in zweiter Priorität sind die absoluten Kreischpegel zu senken. Das Kreischen in Kurven ist von vielen Kriterien abhängig:

- Fahrdynamik der Fahrzeuge, Achslasten.
- Zusammenstellung der Züge.
- Geometrien von Rad, Schienen, und Gleisführung.
- Oberbauart.
- Feuchtigkeit und Temperaturen von Rad und Schienen.
- Schmier- und Konditionierungszustand (SKS / SKK) (ev. Klebstreifenanalysen).

Bei der Messung müssen alle Kriterien erfasst und dokumentiert werden. Veränderungen der Kriterien zwischen und während den Messungen sind bei der Auswertung in Rechnung zu ziehen.

Der Erfolg wird durch Vergleichsmessungen ohne und mit der technischen Umsetzung bei möglichst gleichen Kriterien ermittelt.

Für die Anordnung und Durchführung der Messungen gibt es (noch) keine Normen und Vorgaben. In Anlehnung an EN ISO 3095:2013 werden folgende Punkte empfohlen:

- ortsfeste simultane Messungen auf Kurvenausseren und –Innenseite, 7.5 m ab Gleisachse, 1.2 m über Gleisniveau in Bogenmitte. Bei Fahrgeschwindigkeiten über 40 km/h ist der doppelte Abstand (15m) sinnvoll.
- simultane Erfassung der Achsdurchfahrten im Messquerschnitt, z.B. mittels Lichtschranken oder Beschleunigungsaufnehmer (zur Lokalisierung der Kreischstellen).
- Messkette nach ISO/EN (Gerätekategorie 1). Aufzeichnung der Messsignale in dB(A), Zeitkonstante FAST, (A-bewerteter, äquivalenter Dauerschalldruckpegel $L_{pAFeq,Tp}$) während der gesamten Zugdurchfahrt T_p . (ganze Zuglänge durch Messquerschnitt).
- Mindestens jeweils 3 Zugdurchfahrten bei gleichen Konditionen. Schwankt die Kreischdauer der einzelnen Vorbeifahrten stark, ist die Anzahl Zugvorbeifahrten zu erhöhen, so dass mindestens 2/3 der Vorbeifahrten ähnliche Werte ergeben. Sinnvollerweise werden Daten während rund 1/10 des Tagesverkehrs erfasst.
- Zum Vergleichen mit anderen Standorten dienen unter Umständen Zusatzmessungen der örtlichen Schienenrauigkeiten gemäss EN ISO 3095:2013 und der Gleisabklingraten (Track Decay Rate TDR) nach EN 15461:2008+A1

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 20 di 21

8.2.2 Auswertung

- LpAFeq, Tp, dient auch als Grundlage für Immissionsberechnungen. Ermittlung der Lr-Belastungen für die nach Gesetz (USG/LSV) massgebenden Zeiträume.
- Signaldynamik als Differenz L1- L50 in dBA, F, (L% = Überschreitungspiegel während % der Vorbeifahrtszeit TP). Sinnvollerweise werden getrennte Werte für die typischen Oktavbandfrequenzen 500, 1000 und 2000 Hz erfasst. Dient als Grundlage für die Bestimmung der Kreischintensität.
- Kreischdauer in ms: Zeit während der der Gesamtpegel mind. 10 dB über dem Rollgeräuschpegel (ohne Kreischen) liegt. Dient als Indikator für die Häufigkeit des Kreischens.
- Schmalband-FFT-Analyse (Peak hold) während dem Kreischen. Diese Information dient zur Analyse von Ort und Ursache des Kreischsignales.
- Nach Möglichkeit: Zuordnung der Kreischsignale auf entsprechenden Radsatz oder Rad und Schienenstrang.
- Daneben sind alle eingangs erwähnten Kriterien zu dokumentieren und die Beeinflussung zu kommentieren.

Erfahrene Messfirmen:

InfraMT GmbH, Hauptstr. 16, 2577 Finsterhennen, www.inframt.ch

Prose, ... Zürich

G&P, Bern

B&S, ... Bern

8.3 Sicherheit, Zuverlässigkeit

Grundsätzlich benötigt jedes Fahrzeug, dass in der Schweiz verkehrt, nach Eisenbahnverordnung, Art. 8 eine gültige Zulassung in Form einer Betriebsbewilligung. Bei jeder Änderung an einem Fahrzeug mit bestehender Betriebsbewilligung ist deshalb zu prüfen, ob dadurch eine neue Betriebsbewilligung erforderlich ist und welche Schritte zur Erreichung der Betriebsbewilligung notwendig sind. Es wird empfohlen, bei jeder nachträglichen Änderung an einem Fahrzeug die im Regelwerk RTE 49100 definierten Prozessschritte auszuführen. Die Prozessschritte sind in der Tabelle 5-1 des RTE erläutert und die dafür verwendbaren Hilfsmittel in der Tabelle aufgeführt. Die darin aufgeführten Anforderungen werden zu grossen Teilen abgedeckt, sofern Verfahren nach der EN 50126 oder ähnliche Verfahren ganzheitlich angewendet werden.

Die antragstellenden Unternehmen müssen für das Projekt einen Risikomanagementprozess gemäss EN 50126 implementiert und angewendet haben, der:

- systematisch alle möglichen Gefährdungen identifiziert und den betreffenden Funktionen zuordnet,
- die Funktionen/Gefährdungen hinsichtlich ihrer Sicherheitsanforderung bewertet,
- zeigt, dass für diese Funktionen/Gefährdungen geeignete Sicherheitsarchitekturen vorhanden sind
- zeigt, dass die Sicherheitsarchitekturen die gemäß der Sicherheitsanforderung erforderlichen Massnahmen gegen systematische und zufällige Fehler aufweisen (SIL, SAS, etc.),
- die Funktionserfüllung und sicherheitsgerichtete Ausfallreaktion unter allen zu erwartenden Betriebs- und Umgebungseinflüssen gewährleistet und
- einen Prozess beinhaltet, der sicherstellt, dass dem Halter bzw. Betreiber Gefährdungsprotokolle übergeben werden.

	Leitfaden Schmierung und Konditionierung im Kontakt Rad - Schiene	Leitfaden
		Ausgabe vom 23.09.2019
		Seite 21 di 21

9 Qualitätskontrolle über den Lebenszyklus (Nachhaltigkeit)

9.1 Festlegung der Indikatoren

Indikatoren sind Eigenschaften, Merkmale oder Anzeichen, die für eine bestimmte Entwicklung, einen eingetretenen Zustand oder Ähnliches stehen. Die Indikatoren für die Beurteilung der SKS und SKK werden, sofern sie nicht schon in Normen oder Regelwerken festgehalten sind, zu einem späteren Zeitpunkt festgelegt.

9.2 Verifikation und Überwachung

Die Festlegungen zur Verifikation und Überwachung des Verhaltens der Indikatoren im Labor bzw. im Betriebseinsatz werden, sofern sie nicht schon in Normen oder Regelwerken festgehalten sind, zu einem späteren Zeitpunkt festgelegt.

10 Anhänge

- Anhang A: Mögliche Geräte zur mobilen Applikation von SKS und/oder SKK
- Anhang B: Mögliche Geräte zur ortsfesten Applikation von SKS und/oder SKK
- Anhang C: Ansteuerung SKS und/oder SKK
- Anhang D: Lärmgesteuerte Schienenkonditionierung Konzeptpapier
- Anhang E: Schmierstoffe SKS
- Anhang F: Konditionierungsmittel SKK
- Anhang G: Betriebserfahrungen Betreiber

Funktionalität		Produkt			
		Sécheron	REBS Zentralschmiertechnik	SKF EasyRail Sys- teme	
1	SKS Spurkranzschmierung	Ja	Ja	Ja	
2	SKK Schienenkopfkonditionierung		Ja	Ja	
3	Permanente Applikation	Nein			
4	Unterbrochene bzw. selektive Applikation bei SKS	Ja			
5	Unterbrochene bzw. selektive Applikation bei SKK				
6	Getrennte Applikation in den beiden Bogenrichtungen links / rechts bei SKS				
7	Getrennte Applikation in den beiden Bogenrichtungen links / rechts bei SKK				
8	Erfüllt EN 15427 (für SKS)				
9	Vorgaben in Analogie zur EN 15427 für SKK vorhanden?				
10	Zugelassene Schmiermittel				
11	Zugelassene Konditionierungsmittel				
12	Vertreter/Lieferant in der Schweiz	Sécheron SA Rue du Pré-Bouvier 25 CH-1242 Satigny			
13					
14					
Anwendung bei den Bahnen					

SKF EasyRail ist nicht bereit
Angaben zu liefern!

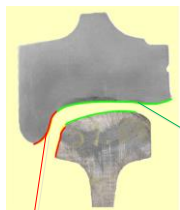
Mögliche Geräte zur ortfesten Applikation von SKS und/oder SKK	Anhang B
--	----------

Funktionalität		Produkt			
		MBM Industry & Rail Tech GmbH			
1	SKS Spurkranzschmierung				
2	SKK Schienenkopfkonditionierung				
3	Anwendungsbereich SKS <ul style="list-style-type: none"> - Bogenäussere Schiene - Bogeninnere Schiene - Bogenäussere und bogeninnere Schiene - Bögen mit Halbmessern $R \leq x \text{m}$ 				
4	Anwendungsbereich SKK <ul style="list-style-type: none"> - Bogenäussere Schiene - Bogeninnere Schiene - Bogenäussere und bogeninnere Schiene - Bögen mit Halbmessern $R \leq x \text{m}$ 				
5	Erfüllt EN 15427 (für SKS)				
6	Vorgaben in Analogie zur EN 15427 für SKK vorhanden?				
7	Zugelassene Schmiermittel				
8	Zugelassene Konditioniermittel				
9	Vertreter/Lieferant in der Schweiz				
10					
11					
Anwendung bei den Bahnen					

Ansteuerung mobile SKS und/oder SKK	Anhang C
-------------------------------------	----------

Funktionalität		Ansteuerung/Auslösung/Kriterien					
					Taste im Führerstand	Idee Lärmgesteuert 1)	
1	SKS			Ja	Ja		
2	SKK				Ja		
3	GPS-Signal				Ja Monitoring		
4	Streckendatei synchronisiert mit GPS und speziell mittels Regulierfahrten programmiert						
5	RFID						
6	Bogensensor				Ja		
7	Geschwindigkeit						
8	Lärm				Ja		
9	Taste im Führerstand						
10	Lieferant in der Schweiz			Fahrzeughersteller			
11							
Anwendung bei den Bahnen							

1) Idee in der Konzeptphase

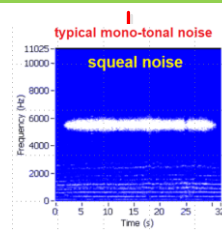
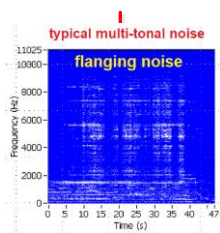


Quietschen (Spurkranzgeräusche)

- Aussenschiene **SKS**
- Spurkranz/
Schienenflanke

Kurvenkreischen

- Innenschiene **SKK**
- Lauffläche Rad/
Schienenkopf



- Die Schallspektren der beiden Geräusche (Lärm) unterscheiden sich.
- Entsprechend dem Schallspektren muss die Schienenflanke und/oder Schienenkopf und abhängig vom Gleisbogen links oder rechts konditioniert werden.

Anforderungen:

- Abweichung zum Normallärm werden erkannt. Dabei kann Quietschen vom Kurvenkreischen unterschieden werden.
- Ein Sensor erkennt die Richtung des Bogens.
- Ansteuerung des Schmiersystems:
 - Schienenflanke (mit Spurkranz-schmierung) links oder rechts.
 - Schienenkopf links und/oder rechts
- Einregulierung denkbar als:
 - Selbstlernend
 - Regulierfahrten (Hören und Drücken)
- Einstellbare Sprühzeiten
- Dokumentation des Sprühvorganges (Datum Zeit und Ort (GPS))
- Intelligente Diagnose
- Versorgungsspannung 36 VDC \pm 30 %
- Alternative Ansteuerung (Rückfallebene) Hardwareumschaltung

Funktionsmodul ohne
Aufwand am Rollmaterial
Erstanlage ca. 100'000 Fr
Serienpreis ca. 35'000 Fr

Angebot möglicher Dienstleister:
MEquadrat AG, Platz 4, 6039 Root D4
Felix Aeschimann



Schmierstoffe SKS (Spurkranzschmierung)

Anhang E

Funktionalität (Angaben Hersteller)		Produkt			
		LUBCON Sintono Terra SK-RE DB	LUBCON S.T. SK-RE LT	LUBCON S.T. SK-RE EP	CICO RS 20 B
1	SKS Spurkranzschmierung	Ja	Ja	Ja	Ja
2	Erfüllt DIN EN 16028	?	?	?H	
3	Erfüllt R RTE 49410 Spurkranzschmiervorrichtung an Schienenfahrzeugen Normalspur	Ja	Nicht geprüft	Nicht geprüft	
4	Biologische Abbaubarkeit	Biologische Abbaubarkeit nach 28 Tagen >70% nach OECD 301	Biologische Abbaubarkeit nach 28 Tagen >70% nach OECD 301	Biologische Abbaubarkeit nach 28 Tagen >70% nach OECD 301	
5	Enthält das Produkt Feststoffe? Ja / Nein; %				
6	Basisöl/Lösungsmittel				
7	Zulassung Schweiz				
8	Weitere Zulassungen	DB Freigabe 11-14745-TTV1333-AN058			
9	Datenblatt (Dateiname oder Link)	SINTONO TERRA SK-RE DB-de.pdf	SINTONO TERRA SK-RE LT-de.pdf	SINTONO TERRA SK-RE EP-de.pdf	
10	Einsatz	SKS bei allen Bahnen im normalen Temperaturbereich. Funktioniert bis 250 km/h	SKS für niedrige Temperaturen, wird eingesetzt bei SKS und Zahnradschmierung bis – 30°C	SKS für Schwerlastverkehr und hohe Flankenpressung, Güterverkehr, Metro und Tram	
11	Vertreter/Lieferant in der Schweiz	Lubcon Lubricant Consult AG Spreitenbach	Lubcon Lubricant Consult AG Spreitenbach	Lubcon Lubricant Consult AG Spreitenbach	Saerdna GmbH Konstanz
Anwendung bei den Bahnen					

Funktionalität (Angaben Hersteller)		Produkt			
		IGRALUB	Fuchs LOCOLUB ECO		
1	SKS Spurkranzschmierung				
2	Erfüllt DIN EN 16028				
3	Erfüllt R RTE 49410 Spurkranzschmiervorrichtung an Schienenfahrzeugen Normalspur				
4	Biologische Abbaubarkeit				
5	Enthält das Produkt Feststoffe? Ja / Nein; %				
6	Basisöl/Lösungsmittel				
7	Zulassung Schweiz				
8	Weitere Zulassungen				
9	Datenblatt (Dateiname oder Link)				
10	Einsatz				
11	Vertreter/Lieferant in der Schweiz				

Anwendung bei den Bahnen				
--------------------------	--	--	--	--

Konditionierungsmittel SKK (Schienenkopfkonditionierung)	Anhang F
--	----------

Funktionalität (Angaben Hersteller)		Produkte		
		Sintono Terra HLK	IGRALUB	CICO RS 20 B
1	SKK Schienenkopfkonditionierung	Ja		Ja
2	Biologische Abbaubarkeit	Biologische Abbaubarkeit nach 28 Tagen >70% nach OECD 301		> 90 %
3	Sicherheitsnachweis / Bremsversuche			
4	BAV-Zulassung vorhanden: Veränderung der Reibwerte zwischen Rad und Schiene	Verantwortung Betreiber		
5	Basisöl/Lösungsmittel			
6	Weitere Zulassungen	DB Freigabe 10-P-13664-TTZ213-102340-PR03 Mit ausführlichen Applikationsvorschriften		
7	Temperaturbereich	?????????		Anwendungstemperatur: -40°C bis +90°C Schmierwirkungsbereich : -100°C bis+500°C
8	Enthält das Produkt Feststoffe? Ja / Nein; %			
9	Datenblatt (Dateiname oder link)	SINTONO TERRA HLK-de.pdf		CICO RS 20 B PB.pdf
10	Vertreter/ in der Schweiz	Lubcon Lubricant Consult AG Spreitenbach		Saerdna GmbH Konstanz
11	Empfohlene Geräte zur Applikation	Auflistung der Anlagenhersteller und Freigabe folgt		Rebs-, Baier+Köppel- & Bijur, Delimon Sprühanlagen
Anwendung bei den Bahnen				

Bisher keine Angaben seitens IGRALUB erfolgt

Betreiber	Verkehrsunternehmung	
	Infrastrukturbetreiberin	

Verwendete Produkte/Systeme

	Fahrzeug(e)	Strecke(n)
Mobile Geräte SKS/SKK Hersteller Typ		
Stationäre Geräte SKS/SKK Hersteller Typ		
Ansteuerung SKS/SKK Hersteller Typ		
Schmierstoff SKS		
Konditionierungsmittel SKK		

Erfahrung mit dem System

	Fahrzeug(e)	Strecke(n)
Verwendete Funktionalität SKS? SKK?		
Homogenität im Behälter auf dem Fahrzeug muss durch umrühren erreicht werden?		
Homogenität im Fass vor dem nachfüllen in den Behälter auf dem Fahrzeug muss durch umrühren erreicht werden?		
Übermässige Verschmutzung von DG und Wagenboden ein Thema?		
Freigabe/Zulassung durch BAV vorhanden		
Applizierte Schmierstoffmenge mm ³ /km		

Zustand bzw. erreichter Verbesserung

	Fahrzeug(e)	Strecke(n)
Reduktion Lärm 1 (kaum) bis 6 (hervorragend)		
Reduktion Verschleiss an den Räder 1 (kaum) bis 6 (hervorragend)		
Reduktion Verschleiss an den Schiene 1 (kaum) bis 6 (hervorragend)		

Bemerkungen:

Separate Datei der Systemarchitektur