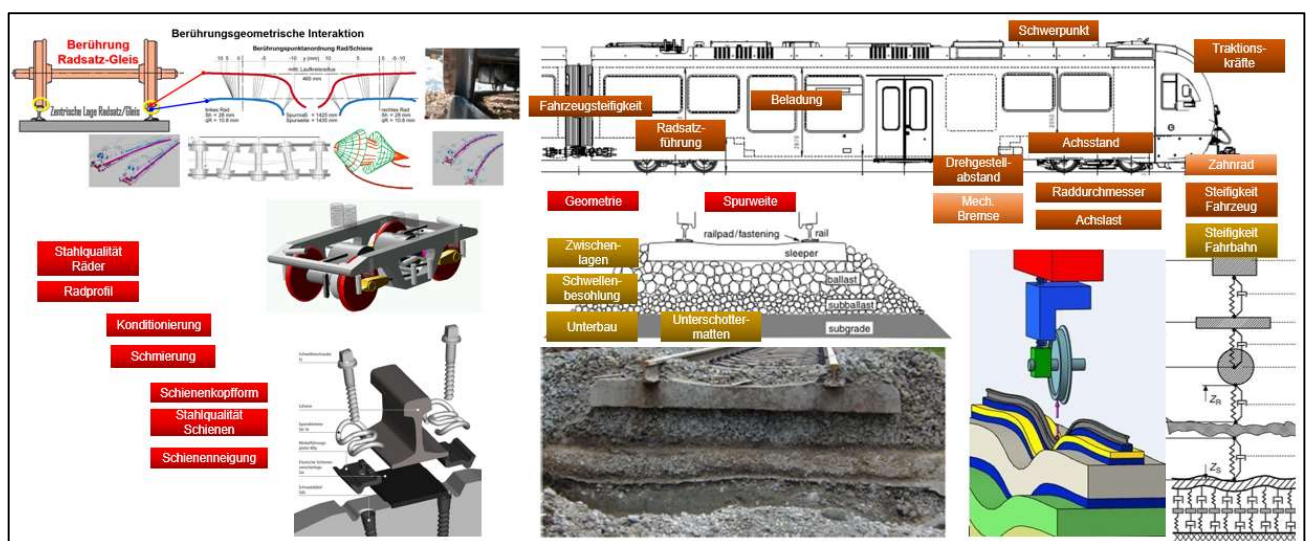


Grundlagenscanning

Systemführerschaft Interaktion Fahrzeug – Fahrweg Meterspur
Projekt: 1 Grundlagenscanning
Modul: Lieferobjekt 1.2

Erstellung und Durchführung Umfrage der Bahnen



Datum / Status: 24.10.2022 / Freigegeben

Seitenanzahl 55

Verfasser: Peter Güldenapfel / KPZ Fahrbahn

Geprüft: Roland Müller / Gleislauftechnik Müller

Freigegeben: Martin Siegen / MGBahn

Kompetenzzentrum
FAHR < **BAHN**

Zitierweise: Güldenapfel Peter, Railplus / KPZ Fahrbahn: *Grundlagenscanning Umfrage Bahnen*.
Technischer Bericht, 14.10.2022

Freigabe durch die Systemführerschaft

| Version | Verantwortlich | Datum |
|---------|------------------|------------|
| 1.0 | Technical Board | 27.10.2022 |
| 1.0 | Management Board | 31.10.2022 |

Management Summary

Das Lieferobjekt 1.2 des Projekts P1 «Grundlagenscanning» beinhaltet drei Ziele, um das aktuelle bei den Bahnen vorhandene Wissen zur Interaktion Fahrzeug - Fahrweg zu erfassen:

- 1. Mit der strukturierten Befragung der Bahnen zum Verschleiss und zu Schädigungen an Rad und Schiene sollen die Grundlagen für die Analyse der Zusammenhänge zwischen Schädigungs- und Verschleissentwicklungen am Rad/Schiene - Kontakt und den Charakteristiken der eingebauten Fahrbahn, der verkehrenden Fahrzeuge und den Einsatzgebieten mit ihren charakteristischen Trassierungsgegebenheiten zusammengetragen werden.*
- 2. Die zusammengetragenen Ergebnisse werden analysiert und hinsichtlich Ursachen und Auswirkungen grob bewertet. Bei Unklarheiten sind Interviews mit den betroffenen Bahnen geplant.*
Die Ergebnisse der Umfrage werden den Projekten P2 – P6 als Grundlage für die weiteren Arbeiten zur Verfügung gestellt.
- 3. Die zusammengetragenen Ergebnisse werden an die Projekte P2 – P6 übergeben und zusätzlich in geeigneter Form an die befragten Bahnen kommuniziert.*

Die ursprüngliche beabsichtigte persönliche Befragung wurde aus Kapazitätsgründen durch die schriftliche Befragung ersetzt. Dabei stellte sich heraus, dass bei den meisten Bahnen mehrmals nachgehakt werden musste, um vollständige Antworten zu erhalten.

Die von 17 Mitgliederbahnen RAILplus sowie von zwei Trambahnen und der Forchbahn beantwortete Umfrage ergab für das Projekt Systemführerschaft Interaktion Fahrzeug / Fahrweg Meterspur wertvolle Informationen und Erkenntnisse:

- Radverschleiss am Spurkranz und an der Fahrfläche gehören mit einem Anteil von 50 % zu den häufigsten Schadensformen am Fahrzeug.
- Bei den Schadensformen an den Schienenfahrflächen dominieren Schienenverschleiss und Schlupfwellen.
- Mehr als die Hälfte der Bahnen führen einen in den letzten Jahren festgestellten Kostenanstieg auf ein suboptimales Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und Fahrweg zurück.
- Sowohl mit Spurkranzschmierung als auch mit Schienenkopfkonditionierung sollen Kurvenkreischen, Rad- und Schienenverschleiss sowie Schlupfwellenbildung reduziert werden.
- Das Wissen zum Rad- und Schienenprofil ist derart aufzubauen, damit die für die optimale Interaktion Fahrzeug/Fahrweg angepassten Profile bestimmt und angewendet werden können.
- Bei den meisten befragten Bahnen haben sich die mittleren täglichen Gleisbelastungen aufgrund von Taktverdichtungen und Zunahme der Achslasten deutlich erhöht.
- Die heute bei Betonschwellen eingesetzten weichen Schienenzwischenlagen leisten einen wirksamen Beitrag an die Reduktion der Schlupfwellenbildung. Dies auf Kosten einer Lärmzunahme. Die Lösung dieses Zielkonfliktes Reduktion Verschleiss versus Lärmerhöhung mit einer optimierten Zwischenlage wird ein Schwerpunkt in P4 sein.
- Die Schulung und Ausbildung der Mitarbeitenden ist zu verstärken, damit eine gemeinsame technische Sprache in der «Meterspur», insbesondere im Fachgebiet Interaktion Fahrzeug/Fahrweg entsteht.
- Die Kenntnisse der Bahnen über ihre Fahrzeuge sollte vertieft werden.
- Die Spezifikationen für die Beschaffung neuer Fahrzeuge sollten auch die Lauftechnik beinhalten.

Die detaillierten Ergebnisse der Umfrage wurden den Projekten P1 – P5 übergeben und bilden eine wertvolle Grundlage für deren Arbeiten.

Inhalt

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Ausgangslage | 6 |
| 1.1 | Ziele der Umfrage bei den Bahnen..... | 7 |
| 1.2 | Abgrenzung..... | 7 |
| 1.3 | Vorgehenskonzept | 7 |
| 2 | Ergebnisse der Umfrage | 8 |
| 2.1 | Einleitung | 8 |
| 2.2 | Auswertungen | 8 |
| 2.3 | Einbezogene Bahnen | 9 |
| 2.4 | Ergebnisse Umfrage allgemeiner Teil..... | 10 |
| 2.5 | Ergebnisse Umfrage P2 | 16 |
| 2.5.1 | <i>Allgemeine Fragen</i> | 16 |
| 2.5.2 | <i>Spurkranzschmierung (SKS)</i> | 18 |
| 2.5.3 | <i>Schienenkopfkonditionierung (SKK)</i> | 20 |
| 2.6 | Ergebnisse Umfrage P3 | 23 |
| 2.6.1 | <i>Fragen zu Weichen</i> | 23 |
| 2.6.2 | <i>Fragen zur Spurweite</i> | 24 |
| 2.6.3 | <i>Fragen zu Profilen von Rad und Schiene</i> | 24 |
| 2.6.4 | <i>Fragen zum Verschleiss und Schädigung an Rad und Schiene</i> | 26 |
| 2.6.5 | <i>Fragen zu Unterlagen für die Beurteilung von Schäden an Rad und Schiene</i> | 29 |
| 2.6.6 | <i>Fragen zur Beeinträchtigung des Fahrkomforts</i> | 32 |
| 2.6.7 | <i>Fragen zu Entgleisungen</i> | 33 |
| 2.6.8 | <i>Fragen zur Spezifikation der laufftechnischen Auslegungs- und Nachweisrechnungen</i> | 34 |
| 2.6.9 | <i>Fragen zur Spezifikation versuchstechnische Nachweise</i> | 35 |
| 2.6.10 | <i>Fragen zur Spezifikation für den Nachweis der Nachhaltigkeit im Betriebseinsatz</i> | 36 |
| 2.6.11 | <i>Inputs für andere Projekte</i> | 36 |
| 2.7 | Ergebnisse Umfrage P4 | 37 |
| 2.7.1 | <i>Allgemeine Fragen</i> | 37 |
| 2.7.2 | <i>Fragen zur Schiene</i> | 38 |
| 2.7.3 | <i>Fragen zu Schienenzwischenlagen</i> | 40 |
| 2.7.4 | <i>Fragen zu Schwellen und Schwellenbesohlung</i> | 41 |
| 2.7.5 | <i>Fragen zu Zahnstangengleisen</i> | 41 |
| 2.7.6 | <i>Fragen zu Rillenschienen</i> | 41 |
| 2.7.7 | <i>Fragen zu Unterbau und Entwässerung</i> | 41 |
| 2.7.8 | <i>Stopfen und Schleifen</i> | 42 |
| 2.7.9 | <i>Überwachung der Gleislage</i> | 43 |
| 2.7.10 | <i>Fragen zu Schädigungen im Gleis</i> | 44 |
| 2.7.11 | <i>Lärm und Erschütterung</i> | 44 |
| 2.7.12 | <i>Auswirkungen neues Rollmaterial</i> | 45 |
| 2.8 | Ergebnisse Umfrage P5 | 46 |
| 2.8.1 | <i>Aufzeigen Handlungsbedarf im Projekt P5</i> | 46 |
| 2.8.2 | <i>Inputs für andere Projekte</i> | 47 |
| 2.8.3 | <i>Wichtige Erkenntnisse für Bahnen</i> | 48 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3 | Fazit | 49 |
| 3.1 | Zusammenfassung wichtigste Ergebnisse..... | 49 |
| 4 | Verzeichnisse | 53 |
| 4.1 | Revisionen | 53 |
| 4.2 | Abbildungen | 53 |
| 4.3 | Tabellen | 54 |
| 5 | Anhang | 55 |
| 5.1 | Anhang A: Fragebogen Teil 1 und 2..... | 55 |

1 Ausgangslage

Im Projekt P1 wird das grundlegende, vorhandene Knowhow national und international zusammengetragen und das fehlende Wissen identifiziert. Über eine Branchenumfrage werden die Druckpunkte lokalisiert und priorisiert sowie die Basisdaten der Einsatzbedingungen ermittelt. Diese sind bei den späteren Simulationen und der damit verbundenen Einschätzung der Wirkung von grosser Bedeutung.

Das Projekt P1 Grundlagenscanning ist Bestandteil der Systemführerschaft Fahrzeug / Fahrweg Meterspur. Mit diesem Projekt soll sichergestellt werden, dass das für die Meterspurbahnen notwendige Grundlagenwissen zur Reduktion von Verschleiss und Schädigung an Rad und Schiene bekannt wird. Die Ergebnisse daraus werden in den Projekten P2 – P5 konkret umgesetzt.

Das Projekt besteht aus vier Modulen:

- Modul 1: Bestehendes Wissen und Kooperationsmöglichkeiten
- Modul 2: Erstellung und Durchführung Umfrage der Bahnen
- Modul 3: Analyse und grobe Auswertung der Ergebnisse der Umfrage
- Modul 4: Übergabe der Ergebnisse an Projekte P2 – P5

Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse zu den Modulen 2 – 4. Die Ergebnisse zum Modul 1 werden in einem separaten Bericht zusammengefasst.

Im Bericht werden die bei den Meterspurbahnen Schweiz auftretenden Schädigungen und der Verschleiss an Rad und Schiene sowie an Ober- und Unterbau der Fahrbahn mittels einer systematischen Befragung erhoben. Neben den Schädigungen werden ebenfalls die wichtigsten Charakteristiken von Rollmaterial und Fahrbahn aufgenommen. Der Fragebogen ist in fünf Teilbereiche aufgeteilt.

Die Fragen im ersten Teil sind allgemein gehalten und betreffen vor allem

- Verschleiss-/Schadensformen an Rad und Schiene bzw. an Elementen der Fahrbahn, deren Priorisierung aufgrund der Häufigkeit des Auftretens und der Auswirkungen auf das Gesamtsystem Rad/Schiene bzw. Fahrzeug/Fahrweg.
- Formen und Auswirkungen des Kurz- und Langzeitverhaltens an Fahrzeug und Fahrweg sowie deren Auswirkungen.
- Zunahme des Kurz- und Langzeitverhaltens in den letzten Jahren und mögliche Ursachen dafür.
- Verwendung von Planungsgrundlagen für die Instandhaltung des Systems (Messtechnik, Auswertung, Planungstools, usw.).

Die Fragen zu den Teilen 2 bis 5 betreffen Aspekte der Projekte P2 bis P5.

1.1 Ziele der Umfrage bei den Bahnen

Die Ziele der Module 2 - 4 sind gemäss Projektauftrag wie folgt:

Modul 2:

Mit der strukturierten Befragung der Bahnen zum Verschleiss und zu Schädigungen an Rad und Schiene werden die Grundlagen für die Analyse der Zusammenhänge zwischen Schädigungs- und Verschleissentwicklungen am Rad/Schiene - Kontakt und den Charakteristiken der eingebauten Fahrbahn, der verkehrenden Fahrzeuge und den Einsatzgebieten mit ihren charakteristischen Trassierungsgegebenheiten zusammengetragen werden.

Modul 3:

Die aus Modul 2 zusammengetragenen Ergebnisse werden in diesem Modul analysiert und hinsichtlich Ursachen und Auswirkungen grob bewertet. Bei Unklarheiten sind Interviews mit den betroffenen Bahnen geplant.

Die Ergebnisse der Umfrage werden den Projekten P2 – P6 als Grundlage für die weiteren Arbeiten zur Verfügung gestellt.

Modul 4:

Die im Modul 3 zusammengetragenen Ergebnisse werden in diesem Modul an die Projekte P2 – P6 übergeben und zusätzlich in geeigneter Form an die befragten Bahnen kommuniziert.

1.2 Abgrenzung

Auf spezifische Fragen zum Projekt P6 Gesamtwirtschaftlichkeit wurde bei der Erstellung des Fragebogens verzichtet, weil das Projekt P6 in die Zukunft gerichtet ist und auf der Grundlage eines eigens erstellten technisch-wirtschaftlichen Modells objektivierete Elemente zur Unterstützung der strategischen Entscheidungen der verschiedenen Akteure liefern soll. Die Projekte P1 bis P5 liefern dazu die Ergebnisse ihrer Arbeiten und Versuche. Daraus werden die systemischen Verbindungen zwischen allen wirtschaftlichen Dimensionen identifiziert und beschrieben, um die Kosten-Nutzen-Berechnungen für die von den Projekten P2 bis P5 entwickelten Lösungen zu ermöglichen.

1.3 Vorgehenskonzept

Für die Umfrage wurde wie folgt vorgegangen:

- Erstellung des Fragebogens (allgemeiner Teil, Fragen pro Projekt)
- Eingeben in Microsoft Forms
- Versand an die Bahnen
- 1. Auswertung der Umfrage in Projektgruppen
- Zusammenstellung von offenen Fragen
- Auswertung in Projekten
- **Einarbeitung der Ergebnisse in den vorliegenden Bericht**

2 Ergebnisse der Umfrage

2.1 Einleitung

Die ursprüngliche beabsichtigte persönliche Befragung wurde aus Kapazitätsgründen durch die schriftliche Befragung ersetzt. Dabei stellte sich heraus, dass bei den meisten Bahnen mehrmals nachgehakt werden musste, um vollständige Antworten zu erhalten.

Leider erwies sich das vorgesehene Umfrage-Tool Microsoft Forms als nicht sehr benutzerfreundlich. Es konnten zwar automatisch aussagekräftige Grafiken erstellt werden, aber die Beantwortung der Umfrage konnte nicht zwischengespeichert werden.

Teilweise wurden die Fragen nicht verstanden oder gar nicht beantwortet. Deshalb wurde in einem zweiten Durchgang versucht, die Qualität der Antworten zu verbessern.

Trotz diesen ungünstigen Voraussetzungen konnte aber doch eine plausible Auswertung der Umfrage bei den befragten Bahnen gemacht werden und viele wertvolle Informationen für die weitere Arbeit in den Projekten P2 – P5 gesammelt werden, die schlussendlich auch wieder den Bahnen zugutekommen.

2.2 Auswertungen

Die Auswertung der Umfrage erfolgte in den entsprechenden Projektteams:

- P1: Allgemeine Fragen vgl. Kap. 2.4
- P2: Schienenkopfkonditionierung und Spurkranzschmierung vgl. Kap. 2.5
- P3: Rad/Schiene vgl. Kap. 2.6
- P4: Fahrbahnsteifigkeit vgl. Kap. 2.7
- P5: Fahrzeuge vgl. Kap. 2.8

2.3 Einbezogene Bahnen

Die Umfrage wurde an die 20 Mitgliederbahnen von RAILplus sowie an die fünf Trambahnen und die Forchbahn verschickt vgl. Tabelle 1:

Mitglieder RAILplus

| Bahn | Abkürzung |
|---|-----------|
| Aare Seeland mobil AG | Asm |
| Aargau Verkehr AG | AVA |
| Appenzeller Bahnen AG | AB |
| Berner Oberland-Bahnen AG | BOB (JB) |
| Chemins de fer du Jura | CJ |
| Chemin de fer Lausanne - Echallens - Bercher SA | LEB |
| Chemin de fer Montreux Oberland bernois SA | MOB |
| Chemin de fer Nyon-St.Cergue-Morez SA | NStCM |
| Ferrovie Luganesi SA | FLP |
| Matterhorn Gotthard Bahn | MGBahn |
| Regionalverkehr Bern-Solothurn AG | RBS |
| Rhätische Bahn AG | RhB |
| Società per le Ferrovie Autolinee Regionali Ticinesi SA | FART |
| Transports de Martigny et Régions SA | TMR |
| Transports publics du Chablais SA | TPC |
| Transports publics Fribourgeois | TPF |
| Transports Publics Neuchâtelois SA | transN |
| Transports de la région Morges - Bière - Cossonay SA | MBC |
| TRAVYS SA | TRAVYS |
| zb Zentralbahn AG | zb |

Weitere Bahnen

| Bahn | Abkürzung |
|----------------------------------|-----------|
| Forchbahn AG | FB |
| Baselland Transport AG | BLT |
| Verkehrsbetriebe Zürich | VBZ |
| Basler Verkehrsbetriebe | BVB |
| Städtische Verkehrsbetriebe Bern | BERNMOBIL |
| Transports publics genevois | TPG |

Legende:

Umfrage beantwortet
keine Antwort erhalten

| |
|--|
| |
| |

Tabelle 1: Befragte Bahnen

Von den befragten Bahnen haben 17 Mitgliederbahnen von RAILplus sowie zwei Trambahnen und die Forchbahn die Umfrage beantwortet (oben grün eingefärbt).

2.4 Ergebnisse Umfrage allgemeiner Teil

Die Fragen im allgemeinen Teil hatten zum Ziel, eine rasche Übersicht über die wichtigsten Schadensformen und Probleme beim Fahrzeug und der Fahrbahn zu bekommen. Eine allfällige Vertiefung und Detaillierung erfolgte in den Abschnitten zu den jeweiligen Projekten P1 – P5.

Die Frage nach denjenigen Schadensformen an den Rädern der Fahrzeuge, welche die höchsten Instandhaltungskosten resp. Probleme verursachen, wurde von 16 Bahnen beantwortet. Die Verteilung nach den abgefragten Schadensformen ist in Abb. 1 ersichtlich. Leider fehlen zu dieser Fragestellung die Angaben der grössten Meterspurbahn der Schweiz RhB.

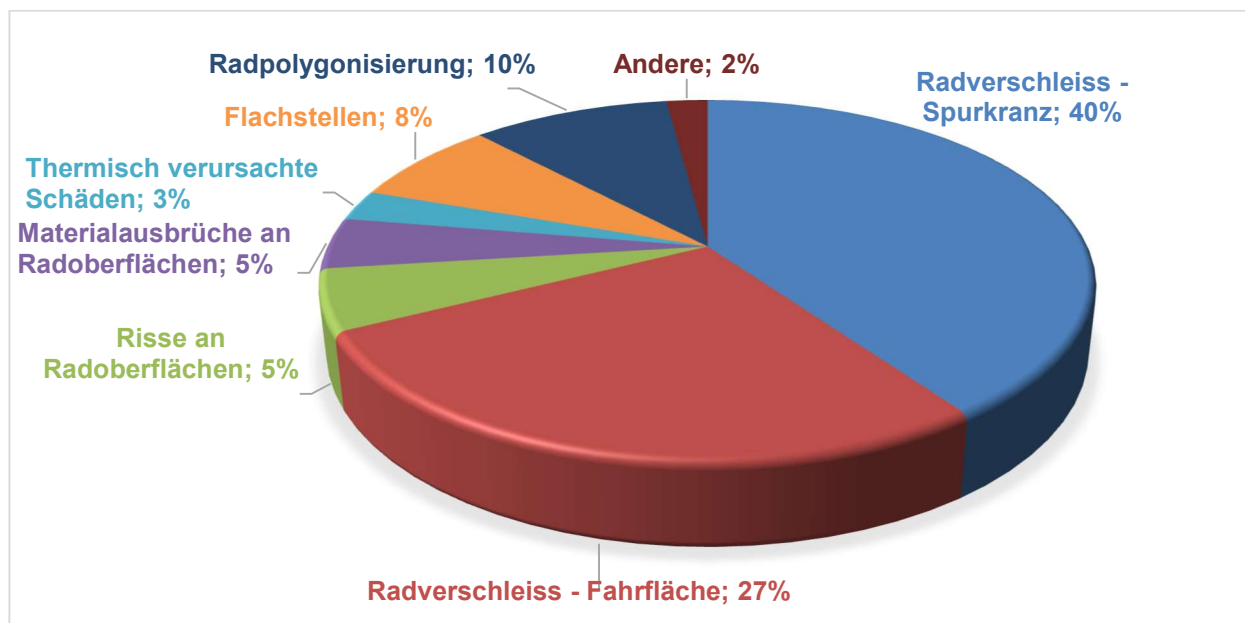


Abbildung 1: Schadensformen am Fahrzeug

Aus Abbildung 1 kann abgeleitet werden, dass sich die wichtigsten Schadensformen auf die folgenden 4 Hauptschadensarten verteilen:

- 40 % Radverschleiss am Spurkranz
- 27 % Radverschleiss an der Fahrfläche
- 10 % Radpolygonisierung
- 8 % Flachstellen

15 Bahnen geben Radverschleiss am Spurkranz und 12 Bahnen Radverschleiss an der Fahrfläche als dominierende Schadensart an. Diese Schadensform tritt damit bei fast allen Bahnen auf. Da diese Angaben relativ zur Gesamtsumme der Schäden sind (gemessen an 100% aller 8 Schadensarten pro Bahn) lässt sie daraus nicht ableiten, ob hohe Prozentangaben der jeweiligen Bahn bei dieser wirklich als signifikante Problemstellung zu deuten sind. Die jeweiligen Grössenordnungen hängen von verschiedenen Einflussgrössen ab, welche bei den hier vorliegenden Ergebnissen nicht berücksichtigt sind. Der Indikator für den Radlaufflächenverschleiss ist die im Betriebseinsatz abgetragene laufleistungsabhängige Reduktion des Raddurchmessers (Anzahl Laufkilometer pro 1mm Reduktion Raddurchmesser). Dieser Indikator wird bei den Auswertungen zu den Projekten P3 und P5 betrachtet.

Aus den Ergebnissen zu den Schadensformen ergeben sich folgende Fragen, die in P3 und P5 vertiefter zu analysieren ist:

- Auf welchen Strecken ist der Radverschleiss dominierend?
- Gibt es Abhängigkeiten zu den Bogenverteilungen?
- Gibt es Abhängigkeiten zum verkehrenden Fahrzeugtyp?
- Gibt es Unterschiede zwischen den Laufdrehgestellen und den Triebdrehgestellen?
- Gibt es Abhängigkeiten zu den Stahlqualitäten der Räder?

Die Frage nach den Schadensformen an der Schiene, welche die höchsten Instandhaltungskosten resp. Probleme verursachen, wurde von 15 Bahnen beantwortet. Die Verteilung nach den abgefragten Schadensformen ist in Abb. 2 ersichtlich.

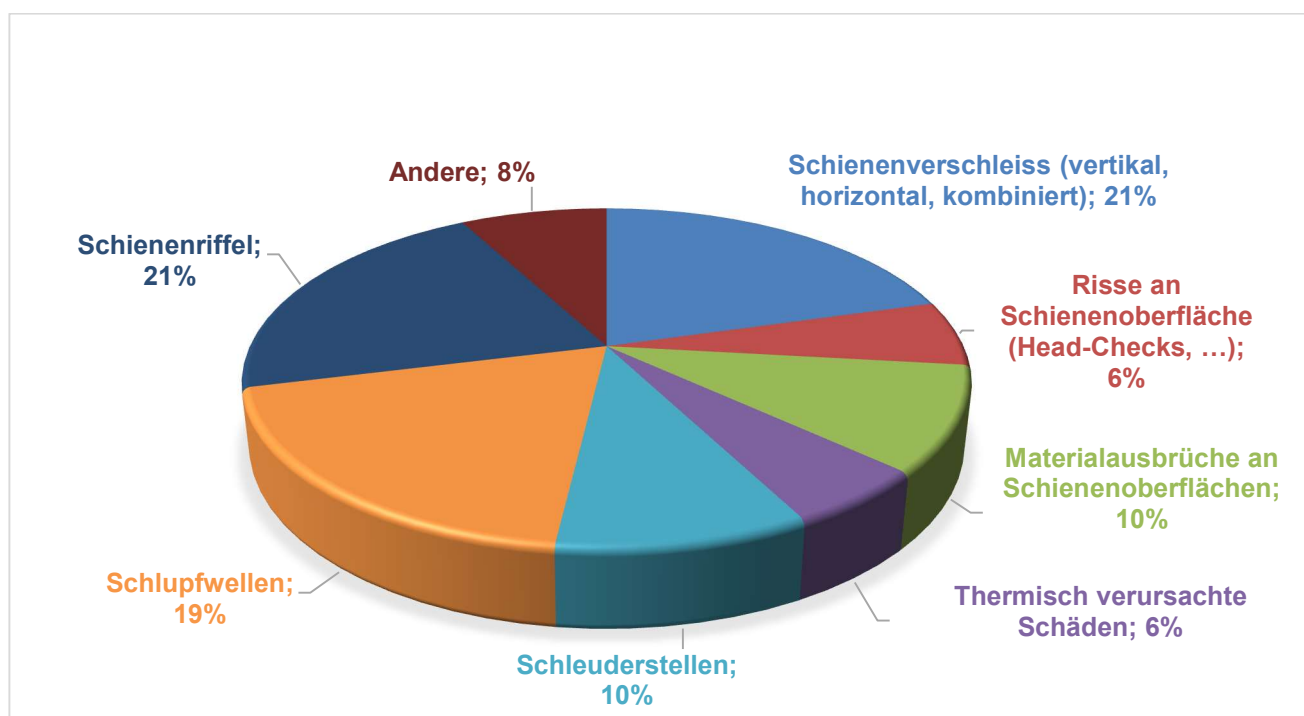


Abbildung 2: Schadensformen an der Schiene

Bei den Schadensformen an den Schienenfahrflächen zeigt sich im Gegensatz zu den Fahrzeugen eine breitere Verteilung. Es dominieren folgende Schadensformen:

- 21 % Schienenverschleiss
- 21 % Schienenriffel
- 19 % Schlupfwellen
- 10 % Schleuderstellen und Materialausbrüche an der Schienenoberfläche

Aufgrund der Tatsache, dass die Meterspurbahnen in der Regel Bögen mit kleinen Radien aufweisen, sind die Meldungen zu Schienenriffeln mit Vorsicht zu geniessen. In engen Bögen treten häufig Schlupfwellen auf dem Innenstrang auf. Schienenriffel, die auf beiden Schienensträngen auftreten sind in Meterspurgleisen hingegen eher wenig anzutreffen.

Somit kann festgehalten werden, dass bei allen 15 Bahnen an der Schiene als hauptsächliche Schadensform Schienenverschleiss und Schlupfwellen auftreten. Im Projekt P4 werden Aussagen zu den

Anteilen aus bogeninneren und bogenäusseren Schienen sowie bei den bogenäusseren Schienen zum Fahrkantenverschleiss und zur verschleissbedingten Erhöhung der Spurweiten gemacht.

Aus den Ergebnissen zu den Schadensformen ergeben sich folgende Fragen, die in P3 vertiefter zu analysieren ist:

- Auf welchen Strecken sind Schienenverschleiss oder Schlupfwellen dominierend?
- Gibt es Abhängigkeiten zu den Trassierungsgegebenheiten (Bogenverteilungen)?
- Gibt es Abhängigkeiten zu den im Einsatz befindlichen Fahrzeugen?
- Gibt es Abhängigkeiten zwischen Schlupfwellen und der Schienenhärte?

Die Frage nach den Schadensformen am Ober- und Unterbau, welche die höchsten Instandhaltungskosten resp. Probleme verursachen, wurde von 15 Bahnen beantwortet. Die Verteilung nach den abgefragten Schadensformen ist in Abb. 3 ersichtlich.

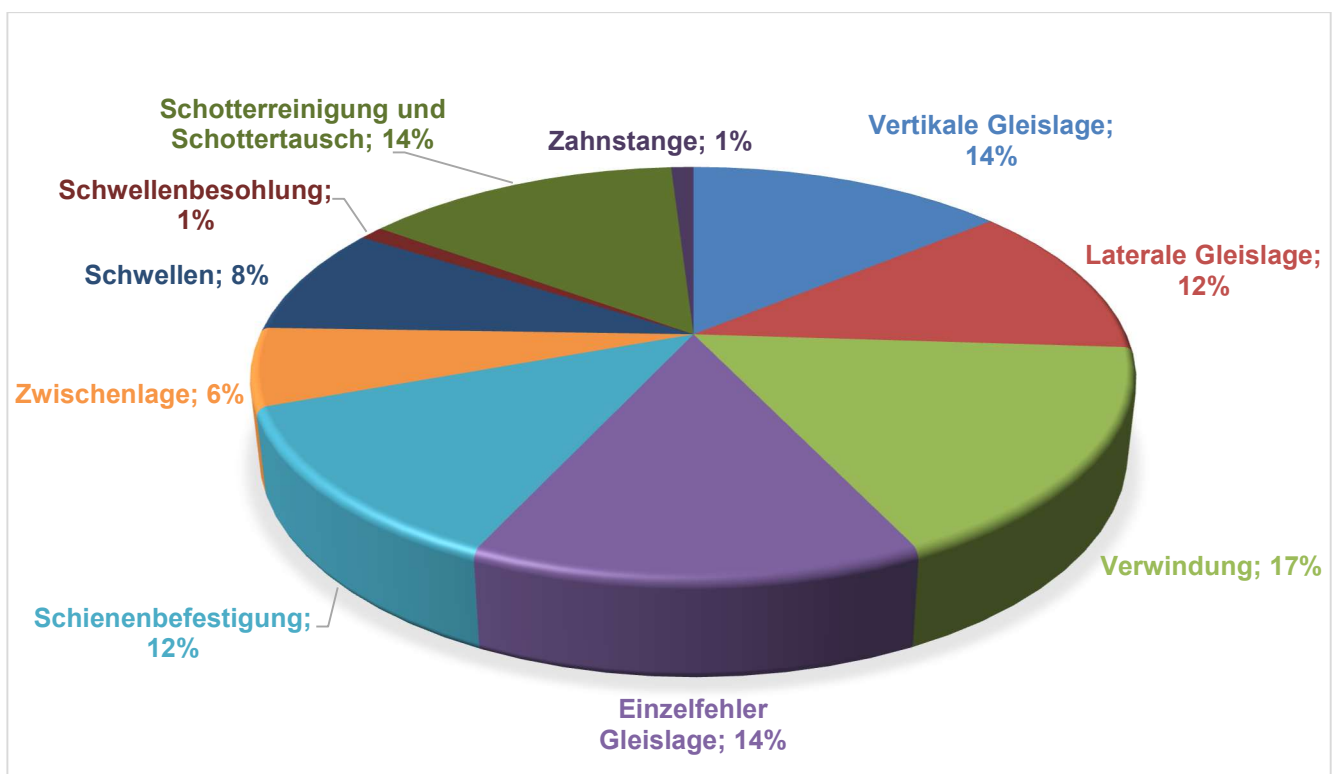


Abbildung 3: Schadensformen an Ober- und Unterbau

Bei den Schadensformen an Ober- und Unterbau zeigt sich gegenüber den Resultaten aus Fahrzeug (Abb. 1) und Schiene (Abb. 2) eine noch breitere Verteilung. Die häufigsten genannten Schadensformen sind:

- 17 % Verwindung
- 14 % Vertikale Gleislage
- 14 % Einzelfehler Gleislage
- 14 % Schotterreinigung und Schottertausch
- 12 % Laterale Gleislage
- 12 % Schienenbefestigung

Daraus lässt sich auf den ersten Blick schliessen, dass in der langfristigen Alterung von Ober- und Unterbau keine eindeutigen Schadensformen hervorstechen. Allerdings dominieren mit insgesamt 57 % die Gleislagefehler (Verwindung, vertikale und laterale Gleislage, Einzelfehler). Dies deutet doch auf eine erhöhte Beanspruchung aus der Interaktion Fahrzeug / Fahrweg hin. Die genannten Aspekte entsprechen den üblichen Erscheinungen einer beanspruchten Fahrbahn.

Die Frage nach dem durch das suboptimale Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und Fahrweg verursachten Kostenanstieg in den letzten Jahren wurde sehr uneinheitlich beantwortet. Daraus konnten keine plausiblen quantitativen Zahlen abgeleitet werden. Es kann aber zumindest qualitativ festgehalten werden, dass 11 von 20 Bahnunternehmen einen Kostenanstieg auf das ungenügende Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und Fahrweg zurückführen vgl. Abb. 4. Bei diesen Antworten stellt sich jedoch die Frage nach dem Bezugsjahr für die Einschätzung des Kostenanstiegs. Konkrete Aussagen dazu geben unter anderem zum Beispiel BERNMOBIL und TRAVYS:

- Bei BERNMOBIL wurde nach Einführung der Combinos vermehrt ein grosser Verschleiss an den Fahrkanten festgestellt.
- TRAVYS hat ab Dezember 2015 und infolge der Zunahme des Personenverkehrs mit Be3000 Stadler (Anschaffung in den Jahren 2015 und 2016, um die Züge des Typs GTW Stadler schrittweise zu ersetzen), ab Sommer 2016 schrittweise einen ausgeprägten und anormalen Verschleiss an den Fahrzeugen und der Infrastruktur beobachtet. Ab 2017 wurden die Wartungskosten für die Infrastruktur um +40% und die Wartungskosten für die Räder (Profilierung) um +65% erhöht.

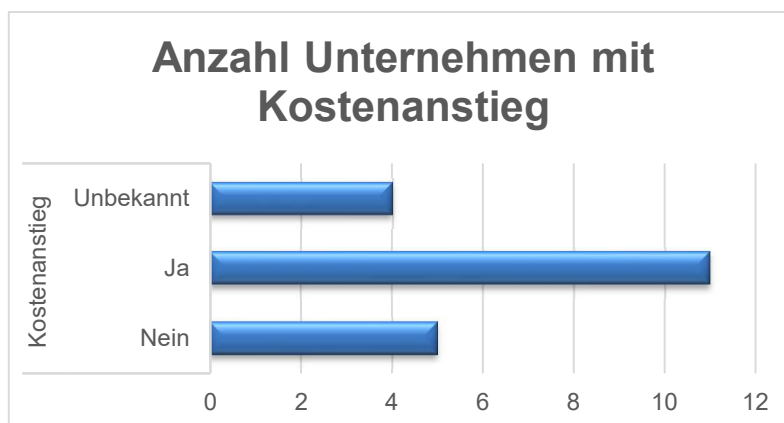


Abbildung 4: Unternehmen mit Kostenanstieg suboptimales Zusammenspiel Fzg/Fw

Die Unternehmungen, welche keinen Kostenanstieg verzeichneten, begründeten dies in der Regel damit, dass sie in der betrachteten Periode keine Änderungen im Fahrzeugpark oder im Betrieb verzeichneten.

Das Gleiche gilt für die gestellte Frage nach der Abschätzung der jährlichen Zusatzkosten für Fahrweg und Fahrzeug. Diese bewegten sich in der Bandbreite von CHF 10'000.- bis zu CHF 980'000.- pro Jahr. Die dafür genannten Gründe und die Bezugsgrössen sind in den meisten Fällen schwer nachvollziehbar. Diese Frage muss auf jeden Fall im Projekt P6 Gesamtwirtschaftlichkeit vertieft geklärt werden.

Dabei sind insbesondere die Abhängigkeiten der Kosten zu folgenden Aspekten zu analysieren:

- Einfluss Fahrzeugbeschaffung
- Einfluss Veränderung der Fahrbahn
- Einfluss von Gleisbelastung und Achslast

Bei der Frage nach den grössten Problemen des Kurzzeitverhaltens wie Lärm, Erschütterung etc. stehen klar der Lärm (Allgemein oder in Kurven) sowie die Erschütterungen im Vordergrund vgl. Abb. 5.



Abbildung 5: grösste Probleme beim Kurzzeitverhalten

Der Lärm wird in der Regel in den engen Bögen in Form des Kurvenkreischens wahrgenommen und führt zu Reklamationen der Anwohner. Aus Abbildung 5 geht dies jedoch nicht klar hervor, da mehr Bahnen vom Lärm (Allgemein) als von Lärm (Kurven) betroffen sind.

Die festgestellten Erschütterungen sind geometrieunabhängig, meist ein lokales Phänomen und wurden angegeben z.B.

- bei Zahnstangeneinfahrten,
- auf gerader Strecke,
- beim Wechsel auf Betonschwellen,
- in Weichen,
- usw.

Es ist nicht eindeutig, ob die Probleme eher aus den Gesichtspunkten Lärm oder wirklich aus den Erschütterungen resultieren. Erschütterungen sind in der Regel störend, wenn sie sich in Beeinträchtigungen in den bahnbenachbarten Gebäuden auswirken.

Daraus ergeben sich für P3 folgende Fragestellungen, die zu behandeln sind:

- Zusammenhänge Lärm mit Schlupfwellen
- Zusammenhänge Lärm mit Bogenverteilung und Radien
- Zusammenhänge Erschütterung mit Polygonbildung

Für P4 ergeben sich Fragestellungen zu

- Ursachen für die Erschütterungen mit Auswirkungen aus der Infrastruktur (Betonschwellen, Steifigkeitssprünge, Herzstückbereiche von Weichen, Schienenstösse, Fehler an den Fahrflächen der Schienen,
- Ursachen für den Lärm durch Elemente der Fahrbahn (Schienenzwischenlagen, Schwellenbohlung, usw.)

38 % der befragten Unternehmen verwenden bei der Planung von Instandhaltungsmassnahmen beim Fahrweg zur Prognose von Verschleiss, Schäden, Stopfintervallen ein Tool vgl. Abb. 6.

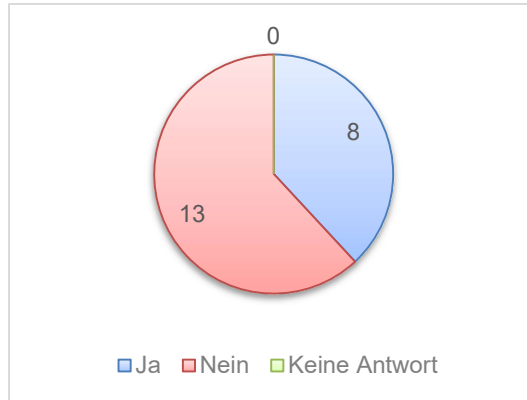


Abbildung 6: Verwendung von Tools für Instandhaltungsmassnahmen Fahrweg

Die Bandbreite der Antworten reicht von einem kompletten Messwagen von SERSA Diagnostic, On-Board Monitoring mit Regelzug bis zu einfachen Mess- und Auswertemittel wie das Calipri – Gerät zur Messung von Schienen- und Radprofilen oder eine EXCEL-Tabelle. Da besteht bei den meisten befragten Bahnen noch Nachholbedarf für ein modernes Instandhaltungstool von der Messung des aktuellen Zustandes bis zur Prognose als Grundlage für die Definition von geeigneten Unterhaltsmassnahmen.

Die Frage, ob es geschriebene Prozesse gibt, wie die Instandhaltung am Fahrzeug resp. am Fahrweg durchgeführt wird, wurde mehrheitlich mit Ja beantwortet vgl. Abb. 7 und 8.

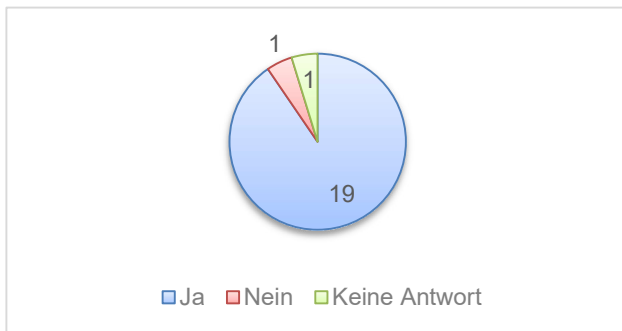


Abbildung 7: Geschriebene Prozesse Instandhaltung am Fahrzeug

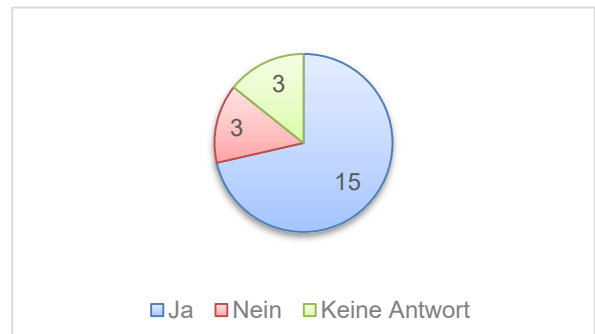


Abbildung 8: Geschriebene Prozesse Instandhaltung am Fahrweg

2.5 Ergebnisse Umfrage P2

2.5.1 Allgemeine Fragen

Die Frage zur Bogenverteilung wurde von den Bahnen sehr unterschiedlich beantwortet (vgl. Abbildung 9). Insgesamt 8 Bahnen haben keine Unterlagen zu den Bogenverteilungen geliefert. 4 Bahnen haben Bogenverteilungen mit der Anzahl Bögen je Bogenklasse und 1 Bahn mit der Gesamtlänge der Bögen je Bogenklasse geliefert. Die Daten wurden graphisch in einem pdf-file dargestellt. 1 Bahn hat die Streckendarstellungen basierend auf V-Diagrammen ebenfalls als pdf-files geliefert. Bei 4 Bahnen wurde im Nachgang gemeinsam mit der Firma Innovative Times AG eine Software aufgebaut, anhand derer die Trassierungen und Strecken je nach Bedarf unterschiedlich dargestellt werden können. Bei diesen 4 Bahnen stehen die Toporail Daten als Excel-Tabellen (Trasse, Längenprofil) zur Verfügung.

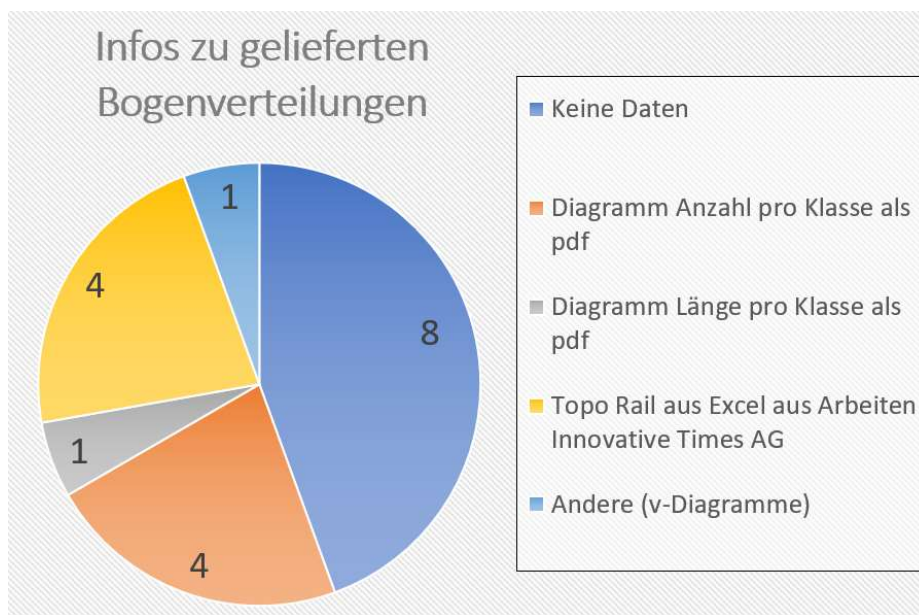


Abbildung 9: gelieferte Formate über die Bogenverteilungen der Bahnen

Da die Auswertung und Weiterverarbeitung anhand der erhaltenen Unterlagen nicht möglich ist, wurde deshalb entschieden, diese Auswertung mit einem separaten Tool einheitlich für alle Bahnen zu erstellen vgl. Abb. 10. Voraussetzung dafür ist, dass die Gleisgeometrieinformationen im Toporail-Datenformat verfügbar sind. Dies ist heute bei den meisten Meterspurbahnen der Fall. Abb. 10 zeigt ein Beispiel für eine Bogenverteilung, die mit diesem Tool automatisch erstellt wurde. Es ist angedacht, dieses Tool allen Meterspurbahnen der Schweiz zur Verfügung zu stellen. Die daraus generierten Daten sind für die weiteren Arbeiten sowohl im Projekt P2 als auch in den Projekten P3, P4 und P5 erforderlich.

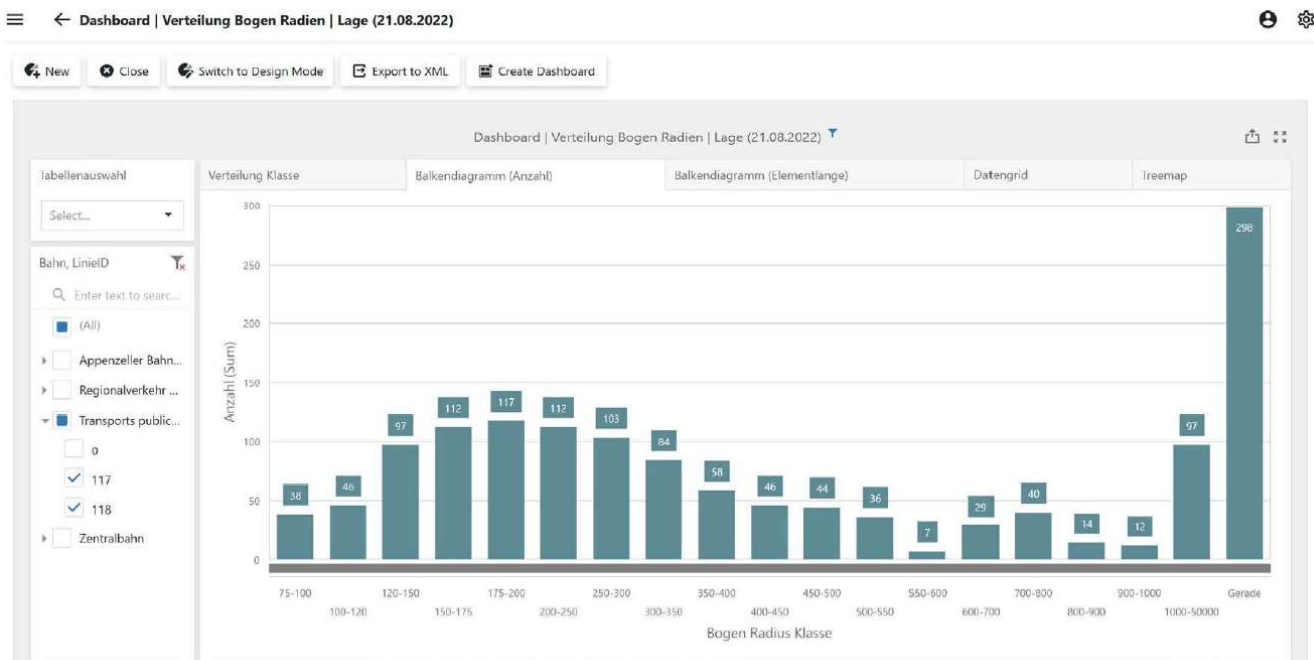


Abbildung 10: Bogenverteilung Bsp. TPF (Darstellung aus Auswertung Innovativ Times SA)

Als Grundlage für die Beschreibung der Fahrzeuge, welche schwergewichtig auf deren Strecken verkehren, haben mit Ausnahme von 2 Bahnen alle Bahnen zahlreiche Typenskizzen und dazugehörige Datenblätter geliefert. Daraus lassen sich einige wichtige Informationen ableiten, welche für die weiteren Arbeiten in den Projekten verwendet werden können. Viele technische Daten, welche für die Modellbildungen und die darauf basierenden Simulationen und Berechnungen benötigt werden, müssen jedoch beim Fahrzeughersteller erfragt werden.

Die Streckenlängen (einspurig/doppelspurig) sind mit Ausnahme von RBS und BLT von allen Bahnen, die geantwortet haben, bekannt. Die Anzahl Züge pro Tag auf ein- und zweispurigen Streckenabschnitten sind für alle Bahnen bekannt ausser BLT, RBS und RhB.

Die Aufteilung auf einspurige und doppelspurige Abschnitte kann wie folgt zusammengefasst werden:

| Streckenlänge | Einspur | Einspur- und Doppelspur | Doppelspur | Prozentualer Anteil Doppelspur |
|---------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Total | 1151 km | 1284 km | 133 km | 10 % |
| Durchschnitt / Bahn | 67.7 km | 71.3 km | 13.3 km | 24 % |
| Minimum | 0 km (BERNMOBIL) | 12.3 km (FLP) | 0 km (Diverse Bahnen) | 2 % (TPC) |
| Maximum | 343 km (RhB) | 384 km (RhB) | 51 km (BERNMOBIL) | 100 % (BERNMOBIL) |

Tabelle 2: Übersicht ein- und doppelspurige Abschnitte

2.5.2 Spurkranzschmierung (SKS)

Alle Bahnen verwenden fahrzeugseitige SKS. Die Gründe dafür sind Rad- und Schienenverschleiss (19 von 20 Bahnen), Kurvenquietschen (13 von 20), Schlupfwellen (2 von 20) und Entgleisungssicherheit (1 von 20).

Alle Fahrzeuge sind mit SKS ausgestattet, mit Ausnahme einiger Rangierfahrzeuge und der Fahrzeuge der Forchbahn. Bei Letzteren sind die neueren Fahrzeuge (die die meisten Verkehrsleistungen erbringen) mit SKS ausgestattet (45 % der Kompositionen). Diese Wahl wird durch wirtschaftliche Gründe begründet.

Die verwendeten Schmiersysteme sind REBS (11), Delimon (5), Beka (2), Sécheron (2), Hausamann (1) oder unbekannt (1). Eine Liste der verwendeten Schmierstoffe ist in den Antworten der Umfrage zu finden.

Es wird eine grosse Anzahl unterschiedlicher Produkte als Spurkranzschmiermittel eingesetzt. Darunter befinden sich Loclub ECO, Klüber LEA, Sintono Terra SK-RE-LT von Lubcon, Mobil Vectra Oil N°4, Raillub, Tramlub, Sécheron/Becalub. Bei den meisten Bahnen wird nur eines der genannten Schmiermittel verwendet. Bei 4 Bahnen werden 2 bis mehrere Schmiermittel eingesetzt.

Die Beschreibung der Bestellunterlagen für Schmierstoffe ist teilweise bekannt (Datenblatt des Herstellers, Sicherheitsdatenblätter, Betriebs- und Wartungsanleitungen). Die technischen Bestellunterlagen beschränken sich auf die Datenblätter der Hersteller.

7 Bahnen geben an, die Normen EN 15427-1-2 und 16028 einzuhalten, 10 nicht und 3 haben nicht geantwortet vgl. Abb. 11.

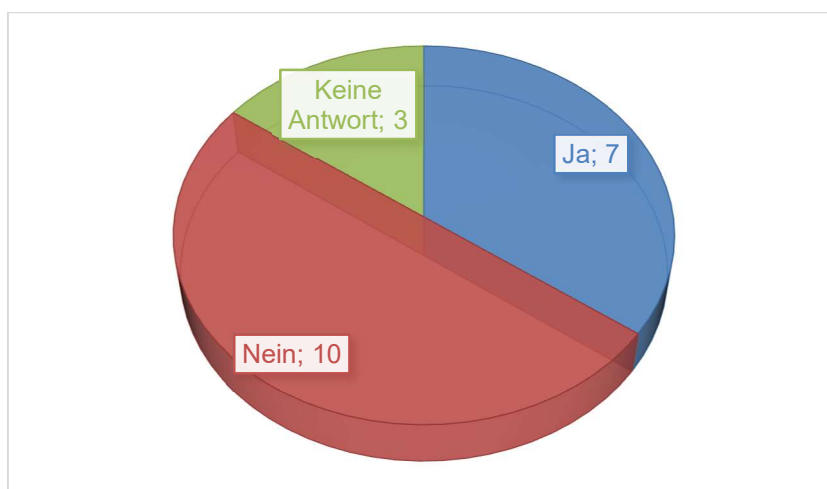


Abbildung 11: Anwendung EN 15427-1-2 und 16028 für Spurkranzschmierung bei den Bahnen

7 Bahnen befolgen die RTE 49410, 11 nicht und 2 haben nicht geantwortet vgl. Abb. 12.

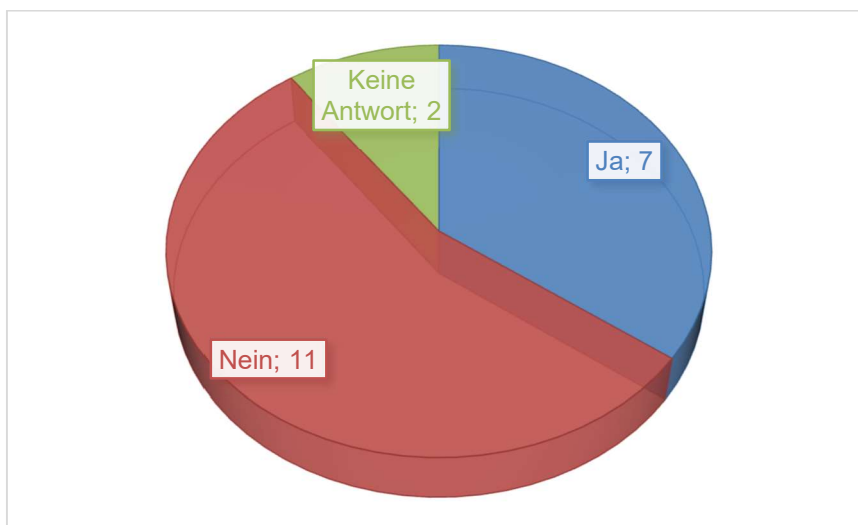


Abbildung 12: Anwendung R RTE 49410 für Spurkranzschmierung bei den Bahnen

Die Anzahl der geschmierten Radsätze und ihre Anordnung in den Fahrzeugen können der detaillierten Auswertung im Projekt P2 entnommen werden. Alle Bahnen schmieren in beide Fahrtrichtungen. Die Menge des aufgetragenen Schmiermittels kann zeit- oder wegabhängig sein. Die aufgebracht Mengen sind für jede Bahn /jedes Fahrzeug sehr unterschiedlich und müssen im Rahmen des Projektes P2 vertieft werden. Mehrere Unternehmen können diese Frage nicht beantworten.

3 Bahnen schmieren nicht auf der gesamten Strecke. Die Begründungen dazu und genauere Angaben hierzu wurden nicht bekanntgegeben. Die übrigen 17 Bahnen schmieren auf der gesamten Strecke. 8 Bahnen schmieren nicht unterhalb einer definierten Geschwindigkeitsschwelle (5-20km/h). FART und BERNMOBIL schmieren bei allen Geschwindigkeiten. 10 Bahnen gaben keine Antwort. Kein Unternehmen schmiert nur in Kurven, 8 schmieren auch auf den geraden Strecken und 12 gaben zu dieser Frage keine Antwort.

Die Kontrolle des Schmierystems und die Überprüfung der Wirkung an den Spurkränzen erfolgt an den Fahrzeugen bei der planmässigen Instandhaltung (19/19) und bei der Reprofilierung (1). Die Überprüfung der Schmierwirkung am Gleis erfolgt bei den regelmässigen Kontrollen der Strecken (13/18) vgl. Abb. 13 sowie durch die Streckenläufer (11/18) vgl. Abb. 14.

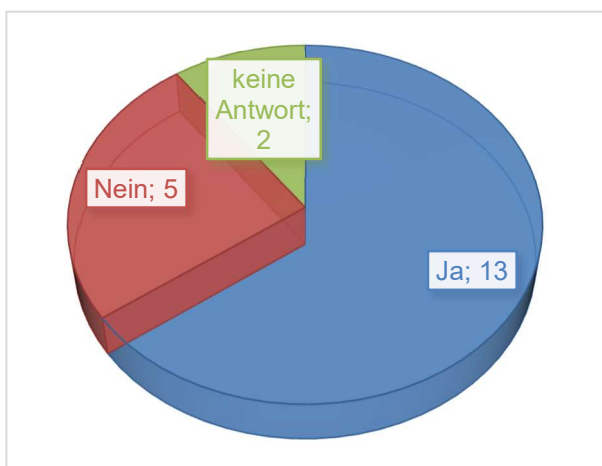


Abbildung 14: Überprüfung Schmierwirkung durch periodische Streckenbegehung

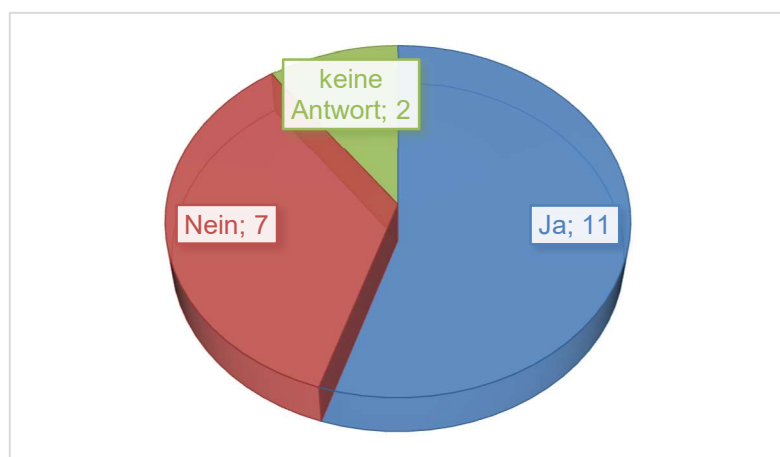


Abbildung 13: Überprüfung Schmierwirkung durch Streckenläufer

Die Kontrolle der Einstellung der Schmierdüsen erfolgt mit einer Lehre (9), durch Messen des Abstands zwischen Schmierdüse und Spurkranz (3), automatisch nach festgelegten Parametern (1; Art der Messung unbekannt), visuelle Inspektion und/oder Sprühtest (4), nach Anweisung (2; Inhalt der Anweisung unbekannt).

Die Funktion wird durch Sprühtests überprüft, die Kriterien sind visuell (Positionierung, Grösse und/oder Menge) oder unbekannt. In einem Fall wird der Funktionsnachweis in die Fahrerkabine übertragen.

Auf keinem Abschnitt wird die Abschaltung der Schmierung aus Umweltgründen gefordert. 15 Unternehmen haben keine Fehlfunktionen der Gleisstromkreise festgestellt, die auf das Schmiermittel zurückzuführen sind (Überbrückung der Isolierstösse). Die Details der Fehlfunktionen werden in der weiteren Arbeit im P2 analysiert.

2.5.3 Schienenkopfkonditionierung (SKK)

Viele Bahnen verwechseln SKK mit SKS. Der Fragebogen enthielt auch einige Unklarheiten. In der Zusammenfassung wurden die Antworten der FLP (Ferrovial Luganesi SA) nicht berücksichtigt, da sie SKS und SKK verwechselt haben.

6 Bahnen verwenden derzeit onboard SKK-Systeme. Die Gründe sind Kurvenkreischen (6), Rad- und Schienenverschleiss (3) sowie Schlupfwellen (2) vgl. Abb. 15. Informationen darüber, welche Züge mit SKK ausgerüstet sind, sind in der Detailauswertung von P2 aufgeführt.

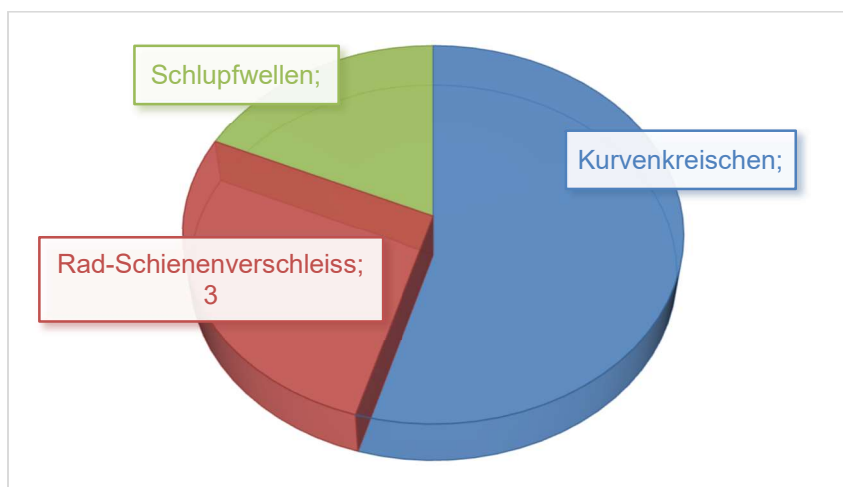


Abbildung 15: Grund für Anwendung von SKK

3 Bahnen verwenden das Bijur-Delimon-System und die anderen 3 das REBS-System. Die Systemarchitektur, die Elemente und Komponenten, die Anzahl der Pumpen pro Radsatz und die Fördermenge pro Pumpenhub sind für 3-4 der 6 Unternehmen bekannt, die mit SKK ausgestattet sind.

BERNMOBIL und die Forchbahn (weitere Details verfügbar) verwenden eine ortsfest installierte SKK-Anlage (Moklansa E3S).

Bei den Bahnen sind bei den OnBoard-Anlagen die Konditioniermittel SINTONO Terra HLK (NLCl 00) und Igralub HeadLub 90 im Einsatz.

Die Düsen sprühen auf die Lauffläche des Schienenkopfes. Die Begründungen dafür sind, wenn erwähnt, die Anweisungen der Systemhersteller. Die Düsen werden durch Messen, mithilfe einer Schablone oder visuell anhand des Sprühbildes auf dem Schienenkopf durch Sprühtests eingestellt.

Bei der Wartung wird die Funktion mithilfe eines Sprühtests überprüft. Einige Bahnen prüfen visuell, indem sie die besprühte Fläche und deren Position auf dem Schienenkopf kontrollieren. Der Sprühtest wird auf dem geraden Gleis durchgeführt. Insbesondere in den Bögen mit sehr kleinen Bogenhalbmessern ist dadurch nicht sichergestellt, dass das Konditioniermittel auf die Berührflächen von Rad und Schiene gesprüht wird (Ausragung). Aufgrund des Stellungsbildes der Fahrwerke im Bogen dürfte die Ausragung am vorlaufenden Radsatz deutlich grösser sein als am nachlaufenden Radsatz. Dieser Sachverhalt muss durch weitergehende Arbeiten im P2 untersucht werden.

Einige Bahnen konditionieren die Schiene nur in einer Fahrriichtung, andere in beide Fahrriichtungen.

Es wurden keine Angaben über die Kriterien für die Anwendung bzw. Steuerung der Konditionierung geliefert. Dies liegt unter Umständen daran, dass die Frage nach der Steuerung der Konditionierung nicht ausreichend verständlich gestellt wurde .

Die Konditionierung wird durch RFID-Tags (3), manuell (2), durch Odometrie (1; Neukalibrierung des Odometers an jedem Bahnhof durch GPS) oder unbekannt bzw. nach Streckenart (bei der AB: Tango automatisiert, Walzer manuell;) ausgelöst vgl. Abb. 16.

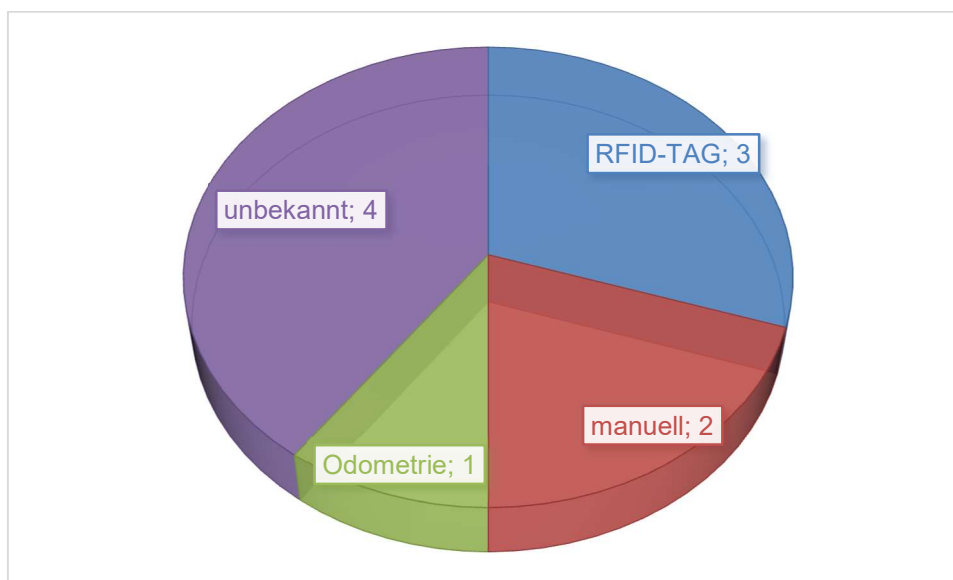


Abbildung 16: Steuerung der SKK

Die Parameter der Konditionierungsanlage werden für jede Bahn beschrieben (Zyklenzahl, Sprühvolumen, Sprühzeit...). Das spezifische Volumen (ml/km) des verwendeten Konditionierungsmittel pro km ist nur für zwei Unternehmen bekannt. Um Vergleiche zwischen den verschiedenen Anwendungen anstellen zu können fehlen die dafür notwendigen Parameter wie Bogenverteilungen, Streckencharakteristiken, usw...

Die mit der Einführung von SKK festgestellten Verbesserungen sind von Bahn zu Bahn unterschiedlich, z. B. Verbesserung nur beim Lärm. Eine Bewertung der Verringerung des Kurvenkreischens, des Radverschleisses, der Schäden an den Fahrflächen, des Schienenverschleisses sowie der Reduktion bei den Schlupfwellen ist in der Detailauswertung im Projekt P2 verfügbar. Eine der befragten Bahnen verfügt nicht über die erforderlichen Rückmeldungen, um allfällige Verbesserungen zu quantifizieren.

Es wurden keine Schäden an Rad und Schiene durch die Konditionierung festgestellt oder aufgezeigt.

Mehrere Rückmeldungen von Lokführern sind bei den Ergebnissen aufgeführt. Bei 3 Bahnen sind keine Beeinträchtigungen festgestellt worden. Bei drei Bahnen liegen Berichte zu Beeinträchtigungen vor:

- Eine Bahn hat unmittelbar nach Einführung in starken Steigungen und bei schweren Zügen Traktionsprobleme festgestellt. Die Probleme traten bei hoher Luftfeuchtigkeit, Regen, und Überkonditionierung auf. Diese verschwanden nach Anpassung der Systemsteuerung.
- Eine Bahn berichtet in der Jahreszeit von September bis November von Beeinträchtigungen, wenn die Schiene feucht ist oder der Frost einsetzt.
- Bei einer Bahn tritt vermehrter Einsatz des Sandens auf.

Keine Bahn hat im Betriebseinsatz Probleme mit der Überbrückung von Isolierungen aufgrund von SKK festgestellt. Die MGB hat einen Test mit einer extremen Menge an Konditionierungsmittel durchgeführt (Bericht abgelegt in der Zulassungsdokumentation der MGB). Die Versuche sind mit dem Produkt HeadLub® 90 durchgeführt worden und betrachteten den Fall einer Störung als Folge einer falschen Belegung. Während der Versuchsperiode sind keine derartigen Störungen aufgetreten.

Vor der Inbetriebnahme von SKK führten 4 Bahnen Brems- und Traktionsversuche durch, um die durch SKK bedingten Beeinträchtigungen der Leistungen zu ermitteln. Die MGB und zb verfügen über Versuchsberichte. Die MGB verfügt zudem über ein Gutachten, das durch einen vom BAV anerkannten Gutachter erstellt wurde. Eine Bahnunternehmung führte keine Versuche durch, da der Hersteller seine Anlage freigegeben hatte. Bei einer Bahn liegt kein Bericht vor.

Das SKK-System wurde für eine Bahnunternehmung durch das BAV zugelassen. Alle Bahnen ausser einer führten vor der Einführung des SKK-Systems eine Betriebserprobung durch. 2 Bahnunternehmungen haben sich bei der Einführung des SKK-systems auf die DRTE 49100 (Risikoanalyse) abgestützt. 4 Bahnunternehmungen haben keine entsprechende Risikoanalyse durchgeführt.

AVA hat angekündigt, im Sommer 2022 SKK-Tests durchführen zu wollen.

2.6 Ergebnisse Umfrage P3

Bei den beteiligten Bahnen sind unterschiedliche Fahrzeuge auf sehr unterschiedlichen Strecken im Einsatz. Trotz diesen unterschiedlichen Einsatzbedingungen gelten bei der Meterspurbahn die gleichen Bedingungen betreffend der Interaktion Fahrzeug/Fahrweg und Rad/Schiene. Mit dieser Umfrage wird eine Gesamtübersicht beim Zusammenspiel von Rad und Schiene erstellt. Damit soll es möglich sein, gemeinsame Herausforderungen bei den Bahnen zu schärfen, Unterschiede aufzuzeigen und Lücken im Wissen zu benennen.

2.6.1 Fragen zu Weichen

Die Umfrage hat ergeben, dass bei Meterspurbahnen keine Kreuzungsweichen im Bogen eingesetzt sind vgl. Abb. 17.



Abbildung 17: Verwendung von Kreuzungsweichen in Bögen

Aufgrund dieser Aussage ist diese einschränkende Trassierungsgegebenheit nicht zu berücksichtigen und es ergeben sich im Gegensatz zu den interoperablen Normalspurbahnen keine Anforderungen an die geometrische Interaktion Radsatz/Weiche. Somit sind die zulässigen Raddurchmesser der Fahrzeuge entsprechend dem Stand der Technik ausschliesslich von der Radsatzlast abhängig. Es ergeben sich daher keine Einschränkungen hinsichtlich der vom Raddurchmesser abhängigen Abmessungen am Spurkranz und bei den Querabmessungen der Radsätze. Dies setzt jedoch voraus, dass dies bei Projektierung von neuen Bahnanlagen berücksichtigt wird.

Bei rund der Hälfte der Bahnen treten im Bereich der Herzstücke von Weichen Ausbrüche an den Fahrflächen (Flügelschiene, Herzstückspitze) auf vgl. Abb. 18.



Abbildung 18: Ausbrüche im Herzstückbereich von Weichen

2.6.2 Fragen zur Spurweite

Praktisch alle Bahnen wenden keine Spurerweiterung in Bögen an. Einige Bahnen haben die Frage nicht verstanden. Eine Bahn wendet eine Spurerweiterung von 2 mm mit positiven Erfahrungen an «verschleissintensiven» Orten an (Schlupfwellen).

Auf geraden Streckenabschnitten kommt es zur Verengung der Spurweite, wenn das Gleis auf alten Holzschwellen verlegt ist. Ursache dafür ist die zum Teil alterungsbedingte bleibende Verformung der Holzschwellen. Mit dem Ersatz der Holzschwellen durch Betonschwellen wird sich dieses Problem entschärfen.

2.6.3 Fragen zu Profilen von Rad und Schiene

Für die Erfassung der Radprofile hat sich hauptsächlich das Messgerät «Calipri» durchgesetzt, welches von den meisten Bahnen verwendet wird. Es werden aber auch Messsysteme zum Beispiel an Unterflurdrehbänken oder Lehren eingesetzt.

Die Schienenprofile werden meist durch externe Partner (Schienenschleifen, Schienenfräsen) vermessen. Dabei kommen Handmessgeräte (Railmonitor), in den Schleifzügen integrierte Messtechnik oder Messwagen (ARGE Fahrwegdiagnose) zum Einsatz.

Die verfügbaren Daten zu Rad und Schiene sind auf die Nutzung bei der Instandhaltung ausgerichtet. Für die Forschung zur Interaktion muss abgeklärt werden, ob diese Daten nutzbar gemacht werden können. Vor allem bei der Schienenvermessung liegen die Daten zum Teil nur in ungeeigneter Qualität vor (zu grosse Welligkeit im für den Bogenlauf entscheidenden Bereich der Fahrflächen). Hier wird im P3 eine verbesserte Datenerfassung aufgebaut. Damit soll es möglich sein Daten, am Rad und an der Schiene in der erforderlichen Qualität zu erfassen und mit geeigneter Software für die Interaktion auszuwerten.

Die bei den Bahnen verwendeten Radprofile entsprechen grösstenteils den Profilen der RTE 29500 oder sind auf Basis dieser Profile weiterentwickelt worden. Diese weiterentwickelten Profile wurden den Unterlagen der Bahnen nicht beigegeben und können daher nicht beurteilt werden.

Die bekannten Radprofile sind nicht auf die bei den Meterspurbahnen eingesetzten nominellen bzw. eingefahrenen Schienenprofile abgestimmt. Das Schienenprofil 46E1 (SBB I) ist bei den Meterspurbahnen am weitesten verbreitet. Weitere eingebaute Schienenprofile sind VST 36 und 54E2 (SBB IV) siehe auch Kap. 2.7.2. Im P3 muss das Ziel der Forschung sein, das Wissen zum Rad- und Schienenprofil in der Art aufzubauen, damit die für die Interaktion Fahrzeug/Fahrweg angepassten Profile bestimmt und angewendet werden können.

Mehrheitlich wird bei den jeweiligen Bahnen nur ein Radprofil verwendet (10 Bahnen verwenden nur ein Radprofil, 3 Bahnen verwenden speziell entwickelte Profile wobei eine davon wegen Mischverkehr Vignolschienen/Rillenschienen, von 2 Bahnen liegen keine Antworten vor, der Rest hat die Frage nicht verstanden). Dabei wurden bei einigen Bahnen bereits Untersuchungen zur Berührgeometrie und zur Kontaktmechanik durchgeführt, jedoch gibt es hier noch keine Übersicht über die Erfahrungen und Ergebnisse. Ein Ziel der Forschung in P3 ist es berührgeometrische Untersuchungen bei Meterspurbahnen durchführen zu können und daraus Massnahmen zur Umsetzung zu entwickeln, mit welchen die Rad-/Schieneninteraktion aus verschiedenen Gesichtspunkten verbessert wird.

Bei den meisten Bahnen stellt instabiler Lauf kein Problem dar. Wenn das Phänomen auftritt, sind die Ursachen bekannt (z.B. defekte Querdämpfer, abgenutzte Schienen, abgenutzte Räder) und geeignete Massnahmen können umgesetzt werden. Der instabile Fahrzeuglauf wird vor allem im obersten Geschwindigkeitsbereich festgestellt. Wenn, dann sind jene Bahnen betroffen, welche den Geschwindigkeitsbereich über 80 km/h nutzen. Dazu gehört rund ein Drittel der befragten Meterpurbahnen vgl. Abb. 19.



Abbildung 19: Anteil der Bahnen pro Geschwindigkeitsklasse

Auf die Frage ob bei der Bahn aufgrund von Problemen der Interaktion berührgeometrische Untersuchungen durchgeführt worden sind, haben 10 mit «nein» und 9 mit ja geantwortet vgl. Abb. 20.

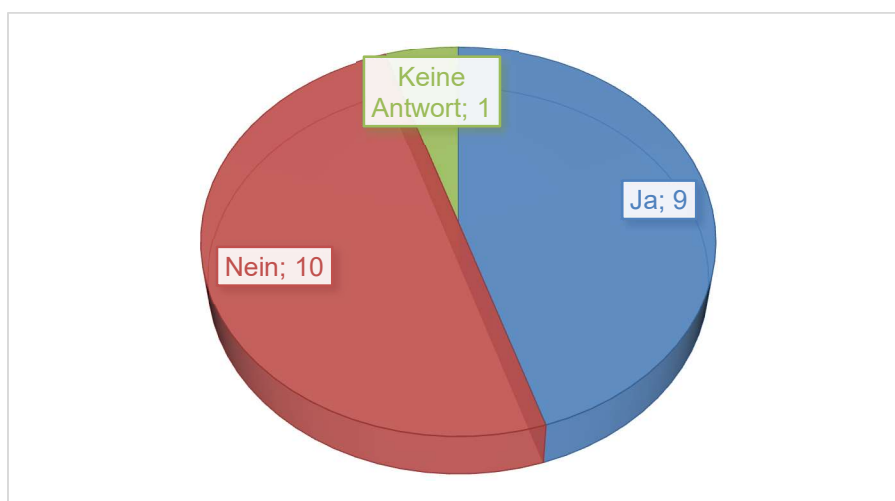


Abbildung 20: Anteil der Bahnen mit berührgeometrischen Untersuchungen

Bei den Bahnen, welche mit «ja» geantwortet haben, sind zum Teil neue Radprofile entwickelt worden, verbesserte Radwerkstoffe vorgeschlagen worden oder keine Umsetzungen erfolgt. Nur vereinzelt wird über Verbesserungen berichtet. Bei den Schienen sind keine Veränderungen vorgenommen worden.

Es wird notwendig sein, dass sich P3 mit den durchgeführten Untersuchungen befasst, um Doppelspurigkeiten zu vermeiden und die daraus gewonnenen Erkenntnisse in die Arbeiten von P3 einfließen zu lassen.

2.6.4 Fragen zum Verschleiss und Schädigung an Rad und Schiene

Zur Gesamtübersicht zu Verschleiss und Schädigungen an Rädern und Schienen siehe Antworten und Diagramme in Kap. 2.4 Allgemeiner Teil.

2.6.4.1 Räder

Zum Verschleiss und zu den auftretenden Schadensbildern an den Laufflächen von Rädern können die Antworten der Bahnen wie folgt zusammengefasst werden:

- Etwas weniger als die Hälfte der Bahnen beobachtet ein Ungleichgewicht zwischen Spurkranz- und Fahrflächenverschleiss. In der Regel besteht ein Trend zur Abnahme der Spurkranzdicke. Je nach Fahrzeugtyp sind hier jedoch grosse Unterschiede feststellbar. Die Ursache, speziell für die unterschiedliche Spurkranzabnutzung, ist nicht bekannt. Hier soll die Forschung im P3 die Zusammenhänge der Abnutzung von Spurkranz und Lauffläche aufzeigen.
- Hohllauf ist kein wesentliches Problem bei den Bahnen. Bei einigen Bahnen erfolgt die Beurteilung des Hohllaufs anhand von visuellen Kontrollen. Bei weiteren Bahnen stellt sich kein Hohllauf ein, weil aus anderen Gründen vorzeitig reprofiliert werden muss. Nur eine Bahn hat ein Werkgrenzmass von 1.5mm und ein Betriebsgrenzmass von 2mm angegeben.
- Bei den meisten Bahnen tritt bei den Triebradsätzen grösserer Laufflächenverschleiss auf als bei den Laufradsätzen. Dies ist grösstenteils darauf zurückzuführen, dass die Radlasten und Achsstände bei den Triebradsätzen grösser sind. Einige Bahnen können den Unterschied beziffern:
 - Radsätze in Triebdrehgestelle ca. 80'000 km, Radsätze in Laufdrehgestelle ca. 100'000 km,
 - A) Differenz TRS/LRS 20%; B) TRS 2/3 --> LRS 1/3; C) ca. Faktor 1,5-2
 - Schätzungsweise haben Laufachsen nur 1/3 des Verschleisses der Triebachsen.
 - Bei den ABe 8/12 ZTZ beträgt der Verschleiss der Triebräder ca. 165% der Laufräder, beim ABe 4/16 STZ ca. 200%.
 - LDG 5mm/100'000km, MDG 6.2mm/100'000km.
- Bei der Mehrheit der Bahnen treten Flachstellen durch blockierte Räder auf und bei einem kleinen Teil der Bahnen gibt es thermische, durch den Bremsklotz verursachte Risse. Jedoch entstehen nur bei wenigen Bahnen Rillen und Mulden (bedingt durch die Interaktion Rad – Bremsklotz) auf der Fahrfläche.
- Weitere Informationen zu fahrzeugspezifischen Schädigungen und Verschleiss an Rädern werden bei den Antworten zum P5 im Kap. 2.8 aufgeführt. Schäden durch Rollkontaktermüdung treten nur bei wenigen Bahnen auf. Dazu gehören Triebradsätze bei der MGB und Laufradsätze beim Tango der Appenzeller Bahn.

2.6.4.2 Schienen

Zum Verschleiss und zu den auftretenden Schadensbildern an den Laufflächen von Schienen können die Antworten der Bahnen wie folgt zusammengefasst werden:

- Zur Fragestellung von hohem Fahrflächenverschleiss bei den bogeninneren Schienen haben 8 Bahnen mit ja und 8 mit nein geantwortet. Aufgrund der Trassierungseigenschaften handelt es sich bei den Bahnen, die mit ja geantwortet haben, um solche, welche über einem hohen Anteil von Bögen mit sehr kleinen Radien verfügen ($R < 150\text{m}$).
- Zur Fragestellung von hohem Verschleiss der Schienenflanke an den bogenäusseren Schienen haben 8 Bahnen mit ja und 9 mit nein geantwortet. Interessant sind die Sachverhalte,
 - dass Bernmobil bei der Schienenflanke mit ja und bei der bogeninneren Schiene mit nein antwortet. Daraus dürfte sich ein Zusammenhang mit den Beobachtungen unten auf der Strecke Fischermätteli-Worb ergeben.

- die RBS auf der Linie 6 (Fischermätterli-Worb) beim Schienenflankenverschleiss mit ja und bei der bogeninneren Schiene mit nein antwortet. Als Begründung gibt die RBS für die Linie 6 an, dass dort eine erhebliche Abnutzung der Schienenflanke festgestellt wird und dies auf zwei unterschiedliche Radprofile (RBS und Bernmobil) zurückführt.
 - Aufgrund der Trassierungseigenschaften handelt es sich bei den Bahnen, die mit ja geantwortet haben, um solche, welche über einem hohen Anteil von Bögen mit sehr kleinen Radien verfügen ($R < 150\text{m}$). Obschon die MGB ebenfalls in dieser Kategorie angesiedelt ist, wird die Frage von dieser Bahn mit nein beantwortet. Dies dürfte mit einer effizienten Spurkranzschmierung zusammenhängen.
 - Der Sachverhalt, dass sich bei rund der Hälfte der Bahnen erhöhter Verschleiss an den Schienenflanken einstellt, deutet darauf hin, dass hier ein Zusammenhang mit Spurkranzschmierung besteht. Dieser Aspekt sollte durch das Projekt P2 näher untersucht werden (SKS).
- Zur Fragestellung von Verschleissformen des Schienenkopfes auf der geraden Strecke (zum Beispiel Reduktion des Fahrkantenradius $R = 13\text{mm}$) haben mit Ausnahme von 2 Bahnen alle mit nein geantwortet. Eine der Bahnen hat geantwortet, dass für die geraden Strecken keine Messungen mit Calipri existieren. Es ist davon auszugehen, dass für die Bahnen der Schienenverschleiss auf geraden Strecken vergleichsweise zu demjenigen in den Bögen untergeordnet ist. Dies aus den Gesichtspunkten der Instandhaltung. Ob dies auch für die Interaktion Fahrzeug/Fahweg zutrifft soll durch die Untersuchungen im Projekt P3 untersucht werden.

2.6.4.3 Schäden durch die Einwirkung von Antrieb und Bremsen

Schädigungen an den Fahrflächen der Schienen und der Räder verursacht durch den Antrieb und/oder die Bremse äussern sich durch schleudernde Radsätze und gleitende Räder. Diese Schäden werden hier separat betrachtet, da sie andere Ursachen haben als jene, welche sich aus dem Kontakt Rad/Schiene bei erhöhten Reibwerten und der Interaktion von Rad und Bremsklotz einstellen. Die hier betrachteten Schädigungen treten vor allem bei niedrigen Reibwerten im Kontakt Rad/Schiene auf.

Bei den Schienen äussern sich die Schädigungen in Form von Schleuderstellen sowie Gleitspuren und bei den Rädern in Form von Flachstellen. In den Abbildungen 21-23 sind die Antworten der Bahnen aufgeführt.

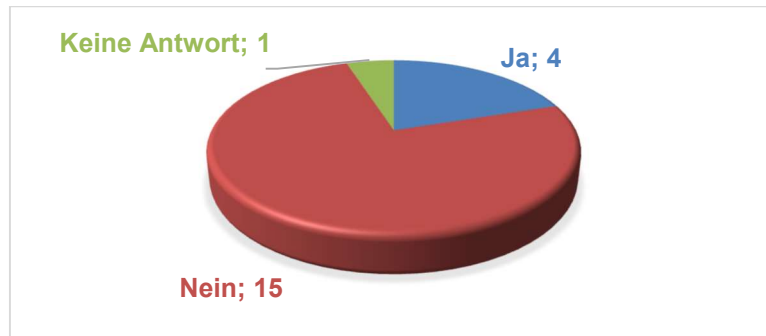


Abbildung 21 Gleitspuren von blockierten Rädern auf den Schienenfahrflächen

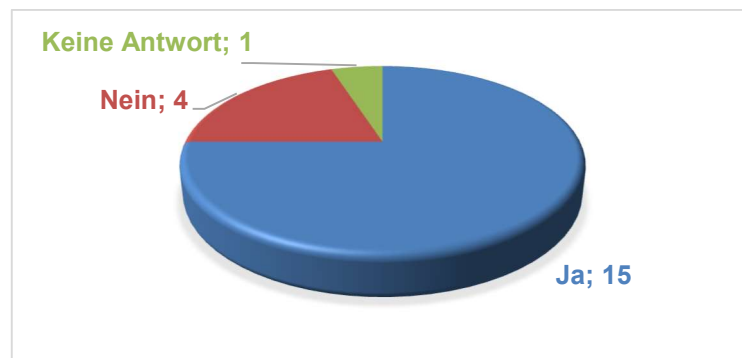


Abbildung 22: Schleuderstellen auf Schienenfahrflächen



Abbildung 23: Flachstellen durch blockierte Räder

2.6.5 Fragen zu Unterlagen für die Beurteilung von Schäden an Rad und Schiene

Die Beurteilung von Schäden an Rad und Schiene beschränkt sich ausschliesslich auf den Fahrflächenbereich mit Berührung von Rad und Schiene.

Für die Bewertung von Schäden an Rad und Schiene werden bei der visuellen Kontrolle unter Anderem unterschiedliche Schadenkataloge angewendet. Dabei kommen auch Normen und Dokumente der Normalspur zum Einsatz. Als Option soll im Rahmen der Forschung ein Schadenkatalog für die Meterspur erstellt werden.

2.6.5.1 Bewertung von Schäden an Rädern

Zur Frage, ob die Entstehung von thermischen Rissen bei klotzgebremsten Rädern beobachtet werden, haben 12 Bahnen mit nein und 4 Bahnen mit ja geantwortet vgl. Abb. 24.



Abbildung 24: Entstehung thermische Risse bei klotzgebremsten Rädern

Vier Bahnen haben die Frage nicht beantwortet, wobei nicht klar ist, ob diese deshalb nicht geantwortet haben, weil sie andere Bremssysteme verwenden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei den erwähnten 12 Bahnen nicht zwischen denjenigen unterschieden wurde, die mit und/oder ohne Klotzbremmen verkehren. Da thermische Risse an den Radlaufflächen im Gegensatz zu Rissen aus der Rollkontaktermüdung (RCF) aus den Gesichtspunkten der Sicherheit wesentlich kritischer zu beurteilen sind, muss dieser Aspekt in die weiteren Untersuchungen einbezogen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Unterscheidung von Rissen infolge RCF und solchen als Folge der thermischen Einwirkung genauere Kenntnisse voraussetzt.

Zur Frage, ob die Entstehung von Rillen und Mulden an den Fahrflächen der Räder durch Interaktion mit Klotzbremmen beobachtet werden, haben 15 Bahnen mit nein und 2 Bahnen mit Ja geantwortet vgl. Abb. 25.



Abbildung 25: Entstehung Rillen und Mulden an Fahrflächen durch Klotzbremmen

3 Bahnen haben die Frage nicht beantwortet, wobei nicht klar ist, ob diese deshalb nicht geantwortet haben, weil sie andere Bremssysteme verwenden. Aufgrund der Erfahrungen anlässlich der Betriebserprobung bei der MGB konnte festgestellt werden, dass diesbezügliche Beurteilungen anhand von visuellen Kontrollen schwierig sind. Dort fielen derartige Einwirkungen zum Teil erst bei der berührgeometrischen Auswertung der Radprofile auf. Basierend darauf konnten für die visuelle Kontrolle genauere Kriterien festgelegt werden. Die Aspekte der Beeinflussung der Berührung von Rad und Schiene durch Klotzbremsen müssen im Rahmen des Projektes P3 vertieft untersucht werden. Dies insbesondere bei Bahnen welche Verbundstoff- oder Sinterbremssohlen verwenden.

Zur Frage, ob einer oder mehrere Schadenskataloge für Räder verwendet werden, haben 7 Bahnen mit nein und 11 Bahnen mit Ja geantwortet. Von 2 Bahnen liegen keine Antworten vor vgl. Abb. 26.

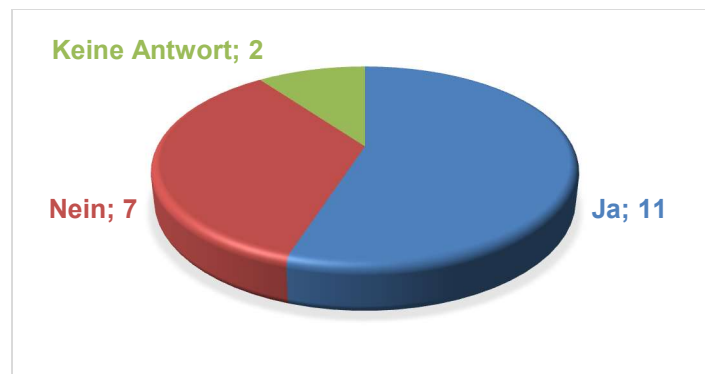


Abbildung 26: Verwendung von Schadenskatalogen für Räder

Von den 11 Bahnen, welche mit Ja geantwortet haben, werden unterschiedliche Angaben gemacht:

- 6 Bahnen nutzen die RTE (4 Bahnen die RTE 41500, zwei Bahnen die RTE 41000);
- 1 Bahn nutzt zusätzlich zur RTE-Angaben des Radherstellers sowie Reklamationen der Anwohner und die von Lokführern;
- 1 Bahn nutzt zusätzlich zur RTE interne Dokumente:
- 4 Bahnen nutzen interne Dokumente.
- 1 Bahn verwendet die EN 15313 (nur Normalspur, enthält einige Radschäden aber nicht vollständig)

Aufgrund des Sachverhaltes, dass einerseits keine und andererseits unterschiedliche Dokumente bzw. Unterlagen benutzt werden, ist es erforderlich einen Schadenskatalog «Räder» für die Meterspurbahnen aufzubauen. Dabei sollen

- die neuesten Unterlagen aus der Normalspur hinsichtlich ihrer Signifikanz für die Meterspur überprüft und soweit möglich übernommen werden;
- die Erfahrungen der Meterspurbahnen genutzt werden;
- stufengerechte Schulungen zu Schädigungen und Dokumentation an den Rädern aufgebaut werden (für Neueinsteiger, periodisch für die verschiedenen Stufen, usw.).

Zur Frage, ob einer oder mehrere Schadenskataloge für Schienen verwendet werden, haben 7 Bahnen mit nein und 10 mit ja geantwortet vgl. Abb. 27.



Abbildung 27: Verwendung von Schadenskatalogen für Schienen

Von 3 Bahnen liegen keine Antworten vor. Eine von diesen 3 Bahnen ist die RhB. Von der RhB ist jedoch ein Dokument bekannt, welches der Systemführerschaft zur Verfügung steht (Schadenheft Streckenwärter). Von den 10 Bahnen, welche mit Ja geantwortet haben, werden unterschiedliche Angaben gemacht:

- 5 Bahnen verweisen auf IRS 70712 (UIC), wobei diese durch die EN 17397-1 abgelöst wird (z.B. durch die SBB ersetzt)
- 3 Bahnen verweisen auf die RTE 222.3. Gemäss Informationen des VöV wurde diese RTE jedoch mit dem folgenden Vermerk zurückgezogen (Die R RTE 222.3 wurde am 01.11.2019 im Programm RTE ersatzlos zurückgezogen. Für die Belange der Schienenfehler hat die CEN im Februar 2021 die SN EN 17397-1 publiziert)
- Bei einer Bahn nimmt der Streckenwärter Schäden an den Schienen auf, hält sie auf einem Excel fest und die jeweiligen Bahndienstgruppen arbeiten diese zeitgerecht ab. Öffentlich nicht zugängliche Liste.

Aufgrund des Sachverhaltes, dass einerseits keine und andererseits unterschiedliche Dokumente bzw. Unterlagen benutzt werden, ist es erforderlich einen Schadenskatalog «Schienen» für die Meterspurbahnen aufzubauen. Dabei sollen

- die neuesten Unterlagen aus der Normalspur hinsichtlich ihrer Signifikanz für die Meterspur überprüft und soweit möglich übernommen werden;
- die Erfahrungen der Meterspurbahnen genutzt werden;
- stufengerechte Schulungen zu Schädigungen und deren Dokumentation an den Schienen aufgebaut werden (für Neueinsteiger, periodisch für die verschiedenen Stufen, usw.).

2.6.6 Fragen zur Beeinträchtigung des Fahrkomforts

Zur Frage der Feststellung von ungünstig beeinträchtigtem Fahrkomfort und zu dessen Ursachen haben 5 Bahnen mit nein und 13 mit ja geantwortet. 2 Bahnen haben die Frage nicht beantwortet vgl. Abb. 28.



Abbildung 28: Feststellung von Beeinträchtigungen des Fahrkomforts

Von den Bahnen, die mit ja geantwortet haben, werden unterschiedliche Ursachen genannt:

- Bei 5 Bahnen bestehen Beeinträchtigungen (Lärm, Klopfen), wenn Fehler an den Fahrflächen der Räder auftreten (Flachstellen, Risse, Ausbrüche, Polygone, Schmutzanlagerungen, Eindrückungen). Eine der Bahnen verweist insbesondere auf Polygone auf Trieb- und Laufträgen der Trieb-/Gliederzüge neuerer Bauart.
- Bei 5 Bahnen deuten die Aussagen auf Formen der Instabilität hin:
 - Instabilität bei hohen Geschwindigkeiten und enger Spurweite;
 - zu tiefe Einlaufmulden führen zu instabilem Lauf bei höheren Geschwindigkeiten
 - das ungünstige Verhalten ist auf hohe Laufleistungen zurückzuführen (Profilveränderung vermutet)
 - Bei einem Fahrzeug festgestellt und nach dem Reprofilieren verschwunden. Ursache wurde nicht herausgefunden.
 - Bei einer Bahn musste das Radprofil verändert werden.
- Bei einer Bahn wird Kurvenkreischen festgestellt, wenn das Radprofil verschliffen ist.

Insgesamt ist bei der Mehrzahl der Bahnen der Fahrkomfort als Folge der Verschlechterungen im Bereich der Radlaufflächen beeinträchtigt. Bei 5 oder mehr Bahnen sind dies insbesondere die Rundheitsabweichungen der Räder. Bei Bahnen, die im oberen Geschwindigkeitsbereich betrieben werden, treten Formen der Instabilität auf. Daraus ergeben sich für das Projekt P3 die folgenden Herausforderungen:

- Vertiefte Abklärungen zu den Ursachen für die Bildung von Fahrflächenschäden an den Rädern (Werkstoffe, Instandhaltung, Radprofile, Bremse);
- Vertiefte Abklärungen zu den Ursachen für die Ausbildung von Schwingungsformen, welche vor allem im oberen Geschwindigkeitsbereich den Fahrkomfort dominant beeinträchtigen.

Es zeigt sich zudem, dass die Berührung von Rad und Schiene im Falle von schlechtem Fahrzeuglauf noch nicht ausreichend in die Betrachtungen einbezogen wird. Damit ist zum Beispiel auch nicht klar, warum grössere Laufleistungen oder Mulden am Radprofil zu einer Beeinträchtigung des Fahrkomforts führen. Da ist noch viel an Schulung und Analyse zu tun.

2.6.7 Fragen zu Entgleisungen

Zur Frage, ob eine Zusammenstellung von Entgleisungen existiert, welche durch das mechanische Zusammenwirken von Rad und Schiene bedingt waren, haben 16 Bahnen mit nein und 2 Bahnen mit ja geantwortet. 2 Bahnen haben nicht geantwortet vgl. Abb. 29.

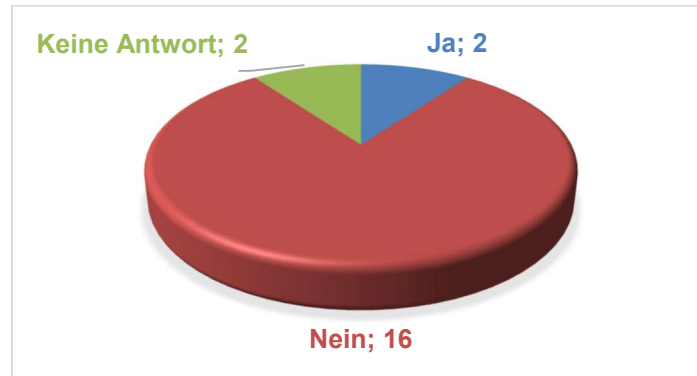


Abbildung 29: Zusammenstellung von Entgleisungen durch Zusammenwirken von Rad und Schiene

Bei einer der beiden Bahnen, welche mit ja geantwortet haben, traten mit einer der beiden betriebenen Fahrzeugserien mehrere Entgleisungen im Bereich der Weichen auf.

Der Sachverhalt, dass bei den meisten Bahnen keine Zusammenstellung von Entgleisungen durch den Rad/Schiene Kontakt vorhanden ist könnte auf die folgenden Ursachen zurückzuführen sein:

- Es gibt keine derartigen Entgleisungen;
- Die Entgleisungen sind auf andere Ursachen zurückzuführen (zum Beispiel falsch gestellte Weichen, usw.);
- die gestellte Frage kann aufgrund des Kenntnisstandes bei den Meterspurbahnen aus den Gesichtspunkten der Interaktion Rad/Schiene grundsätzlich nicht beantwortet werden;
- Bei Entgleisungen steht prioritär das Aufgleisen und damit die möglichst schnelle Wiederherstellung der Verfügbarkeit des Betriebs im Vordergrund. Für die Untersuchung der Ursachen stehen die Ressourcen nicht zur Verfügung;
- Die Systeme in welchen Entgleisungen im Bereich Rad/Schiene auftreten sind nicht bekannt.
- - usw.

Für das Projekt P3 ergeben sich aufgrund der oben aufgeführten Feststellungen mehrere Aktivitäten. Diese sollen als mögliche Option in den Projektantrag aufgenommen und im Projektauftrag vertieft dargestellt werden

2.6.8 Fragen zur Spezifikation der lauftechnischen Auslegungs- und Nachweisrechnungen

Zur Frage, ob bei den Beschaffungsspezifikationen lauftechnische Auslegungs- und Nachweisrechnungen gefordert werden, haben 14 Bahnen mit nein und 4 mit ja geantwortet. 2 Bahnen haben die Frage nicht beantwortet vgl. Abb. 30. 2 Bahnen haben auf den Fahrzeughersteller verwiesen.

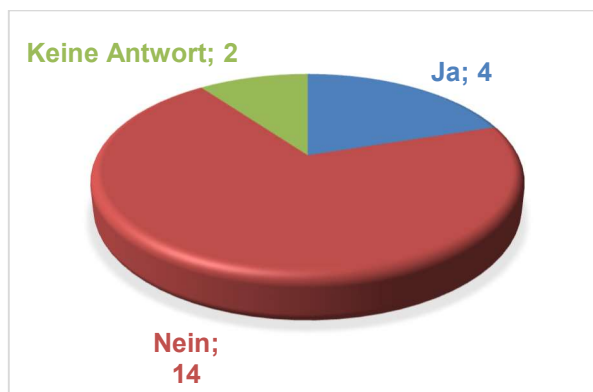


Abbildung 30: Spezifikation zur lauftechnischen Auslegungs- und Nachweisrechnung vorhanden

Eine der Bahnen, welche mit ja geantwortet haben, verweist auf den Fahrzeughersteller. Die zweite dieser Bahnen zählt dazu Leistungsanforderungen (Lebensdauer Rad, Schwingungskomfort, usw.) auf. Dies ist jedoch nur ein minimaler Anteil der Nachweisrechnungen. Die Ermittlung der Lebensdauer der Räder bedingt ein Fahrzeug-/Fahrwegmodell sowie die den Berechnungen zugrundeliegende Trassierung. Eine der Bahnen, welche allerdings mit nein geantwortet hat sagt aus, dass nur die zulassungsrelevanten Berechnungen spezifiziert werden.

Zur Frage, ob die Fahrzeugparameter für die Durchführung von lauftechnischen Berechnungen zur Verfügung stehen, haben 12 Bahnen mit nein und 5 mit ja geantwortet. 3 Bahnen haben nicht geantwortet vgl. Abb. 31. Es ist davon auszugehen, dass die übrigen Bahnen den Inhalt der Frage nicht verstanden haben.

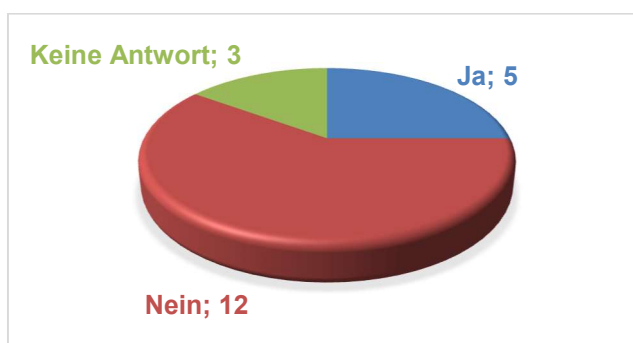


Abbildung 31: Fahrzeugparameter für lauftechnische Untersuchungen zur Verfügung

Insgesamt erhärtet sich die Vermutung der Experten, dass bisher in den Spezifikationen von den Meterspurbahnen keine lauftechnischen Auslegungs- und Nachweisrechnungen gefordert werden. Zudem liegen die aus der Auslegung zu ermittelnden Fahrwerkparameter bei den Bahnen nicht vor.

Für die Projekte P3 und P5 ergibt sich daraus die Notwendigkeit, die Spezifikation für die Anforderungen an die lauftechnischen Auslegungs- und Nachweisrechnungen bei der Fahrzeugbeschaffung zu erstellen. Dabei wird einerseits zwischen den Anforderungen in Anlehnung an die EN 14363, die Anforderungen der Zulassungsbehörden, die Anforderungen hinsichtlich Fahrkomforts und der LCC andererseits zu unterschieden sein.

Dies schafft in Zukunft einerseits Klarheit zu den Anforderungen durch die Bahnen bei der Fahrzeugindustrie und ist andererseits eine Voraussetzung für die Beherrschung der Interaktion Fahrzeug/Fahweg und Rad/Schiene. Zudem sind diese Ergebnisse aus den Auslegungs- und Nachweisrechnungen Voraussetzungen für die Beurteilung von zukünftigen technischen und betrieblichen Veränderungen gemäss der D RTE 49100.

Für die bestehenden Fahrzeuge soll durch P5 abgeklärt, ob die Auslegungsdaten für die lauftechnischen Nachweisrechnungen beim Fahrzeughersteller verfügbar sind.

2.6.9 Fragen zur Spezifikation versuchstechnische Nachweise

Zur Frage, ob bei der Beschaffungsspezifikation der Fahrzeuge versuchstechnische Nachweise des lauftechnischen Verhaltens durch Versuche auf der Strecke gefordert werden, haben 14 Bahnen mit nein und 3 mit ja geantwortet. 3 Bahnen haben die Frage nicht beantwortet vgl. Abb. 32.

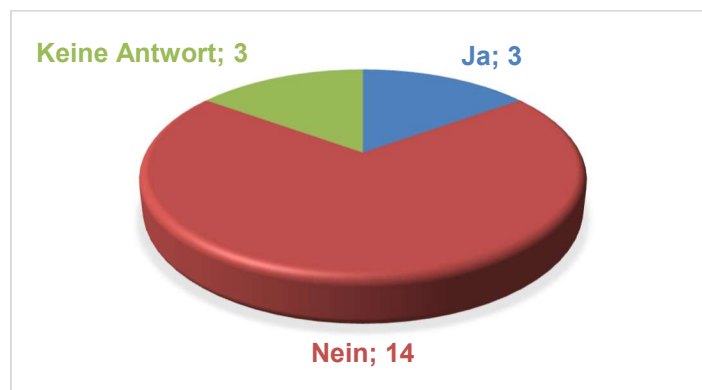


Abbildung 32: Beschaffungsspezifikation für versuchstechnische Nachweise vorhanden

Für das Projekt P3 besteht die Aufgabe darin, die bei den drei Bahnen vorhandenen Spezifikationen zu sichten und die für die Zulassung im Meterspurbereich durch das BAV geforderten Nachweise zu sichten. Im Weiteren soll abgeklärt werden, ob diese Versuche auch ausreichend sind, um Erwartungen aus den Gesichtspunkten der LCC zu erfüllen. Zudem sollen die Versuche Grundlagen bei der Validierung der Berechnungsmodelle für den Meterspurbereich liefern.

Der Sachverhalt, dass bei den meisten Bahnen keine Spezifikation für die Durchführung der Versuche vorhanden ist, zeigt, dass hier für die Projekte P3 und P5 Handlungsbedarf besteht. Es ist zu prüfen, ob die bereits vorhandenen Spezifikationen dafür ausreichend sind.

2.6.10 Fragen zur Spezifikation für den Nachweis der Nachhaltigkeit im Betriebseinsatz

Zur Frage, ob bei der Beschaffungsspezifikation Nachweise für die Nachhaltigkeit im Betriebseinsatz gefordert werden, haben 15 Bahnen mit nein und 2 Bahnen mit ja geantwortet. 3 Bahnen haben die Frage nicht beantwortet vgl. Abb. 33.

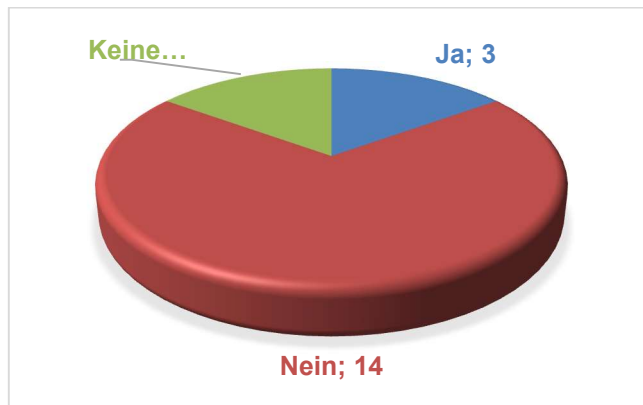


Abbildung 33: Spezifikation zum Nachweis der Nachhaltigkeit im Betriebseinsatz verfügbar

Für das Projekt P3 besteht die Aufgabe darin, einerseits die bei den zwei Bahnen vorhandenen Spezifikationen zu sichten und andererseits die auf dieser Basis erzielten Ergebnisse zu validieren.

Der Sachverhalt, dass bei den meisten Bahnen keine Spezifikation für die Durchführung des Nachweises der Nachhaltigkeit im Betriebseinsatz vorhanden ist, zeigt, dass hier für die Projekte P3 und P5 Handlungsbedarf besteht. Es ist zu prüfen, ob die bereits vorhandenen Spezifikationen dafür ausreichend sind.

2.6.11 Inputs für andere Projekte

Viele der Themen, die sich mit Rad und Schiene befassen liefern Erkenntnisse, die in den Projekten P2, P4 und P5 von Interesse sind. Die Fragen zur Fahrzeugspezifikation fließen vor allem in die Arbeit von P5 ein.

2.7 Ergebnisse Umfrage P4

2.7.1 Allgemeine Fragen

Eine wichtige Grösse für die Dimensionierung von Ober- und Unterbau ist die Gleisbelastung und deren Entwicklung. Bei den meisten befragten Bahnen haben sich die mittleren täglichen Gleisbelastungen deutlich erhöht, teils haben sich die Belastungen verdoppelt. Dafür sind folgende Faktoren verantwortlich:

- Verdichtung Takt
- Erhöhung der Achslasten

Abb. 34 zeigt eindrücklich die Entwicklung der Achslasten aufgrund des veränderten Fahrzeugeinsatzes.

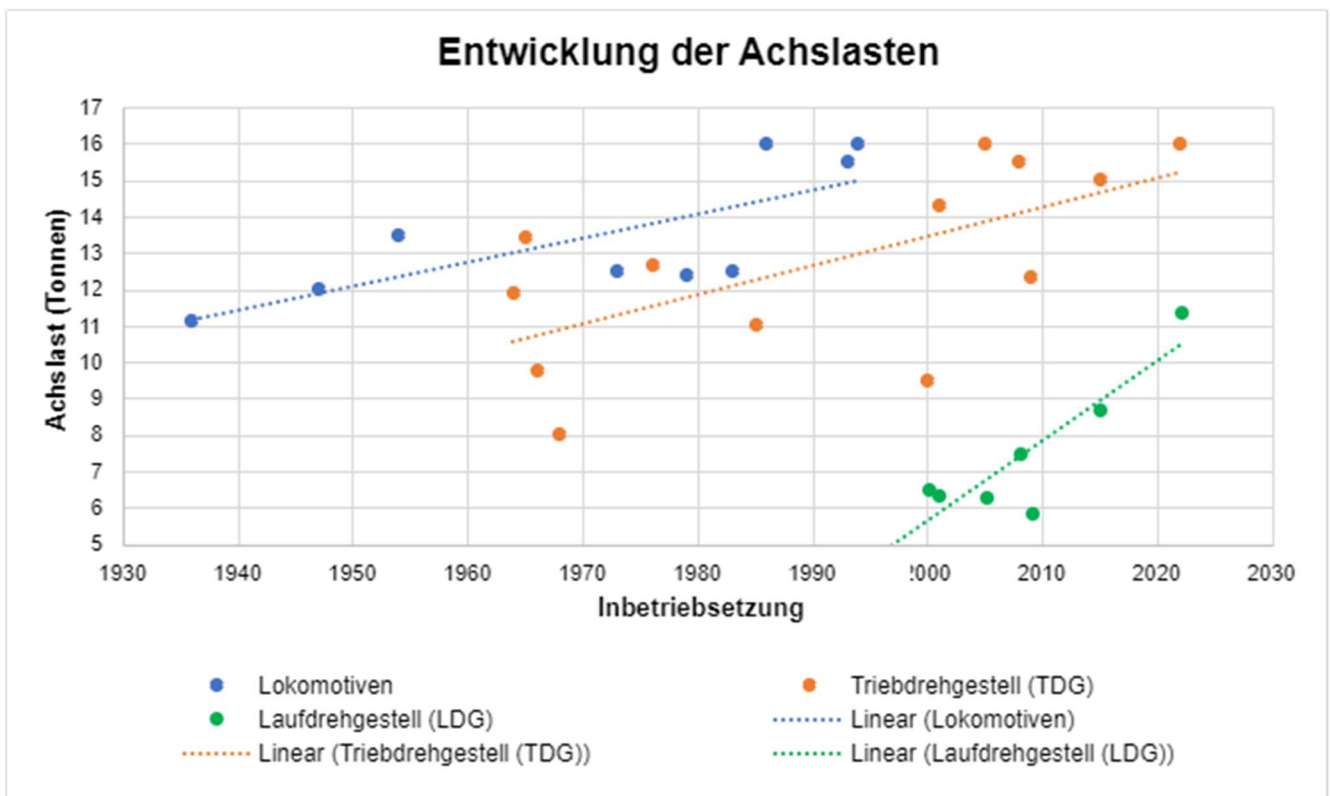


Abbildung 34: Entwicklung der Achslasten

Die Gleisgeometrie wird bis auf wenige Ausnahmen mit der von den SBB entwickelten Software Toporail berechnet vgl. Abb. 35.

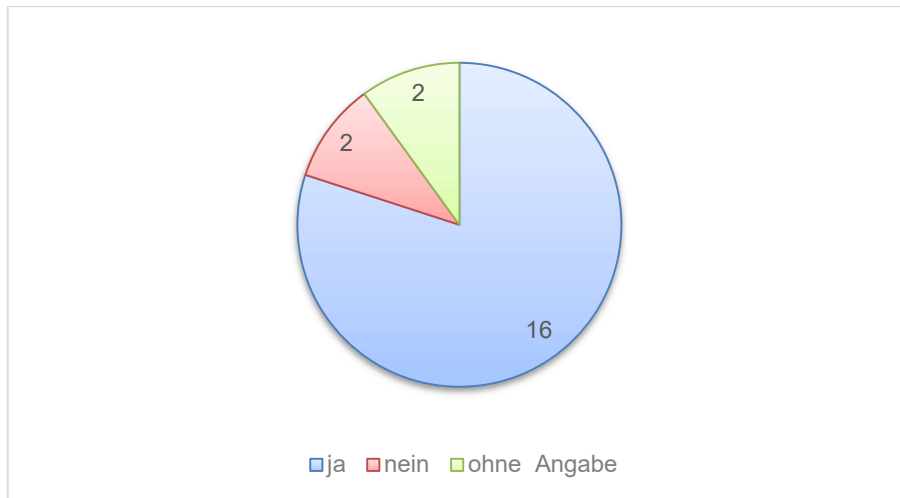


Abbildung 35: Gleisgeometrieberechnung mit Toporail

Die breite Anwendung vereinfacht den Datenaustausch der Gleisgeometrieinformationen. Diese Möglichkeiten wurden im Projekt P2 für die Ermittlung der Bogenverteilung genutzt.

Die Trambahnen trassieren gemäss eigenen Richtlinien und nutzen eigene Tools.

2.7.2 Fragen zur Schiene

Bei den Meterspurbahnen wird in der Regel das Schienenprofil 46 E1 verwendet vgl. Abb. 36. Teilweise wird aus Stabilitätsgründen (weicher Untergrund und in Weichen) das grössere Schienenprofil 54E2 eingesetzt. Die kleineren Schienenprofile VST 36 und VST sind Bestand und werden in der Regel bei einer Erneuerung durch das grössere Schienenprofil 46E1 ersetzt.

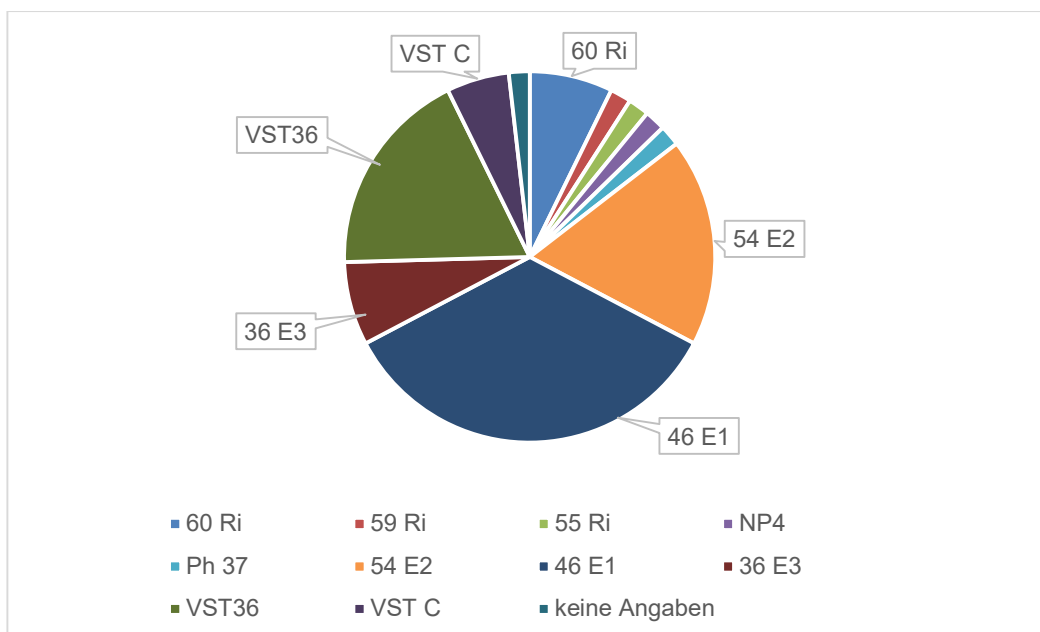


Abbildung 36: Eingebaute Schienenprofile

Bei den Trambahnen wird am häufigsten die Rillenschiene 60 Ri eingebaut.

Die Schienen werden in der Regel lückenlos verschweisst. Die kleinsten Radien, die verschweisst werden, liegen bei ca. 45 m. vgl. Abb. 37.

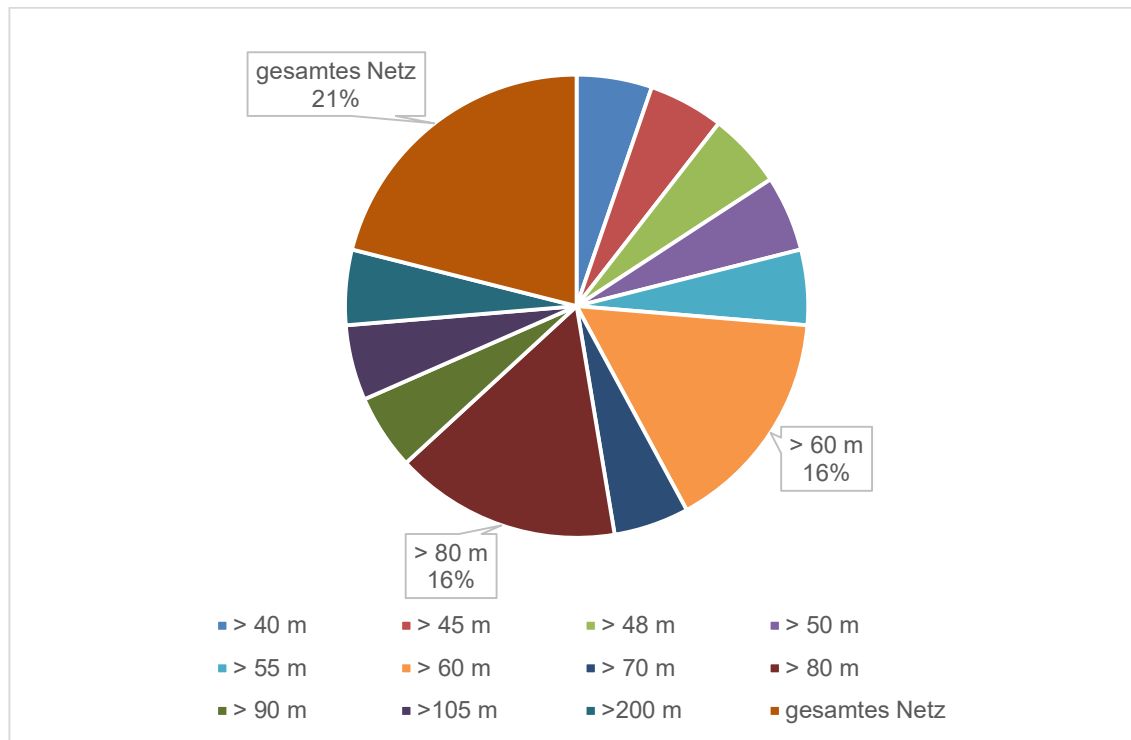


Abbildung 37: Minimalradien lückenlos verschweisster Gleise

Bei den Bahnen variieren die eingebauten Stahlgüten zwischen 200 und 400HT vgl. Abb. 38.

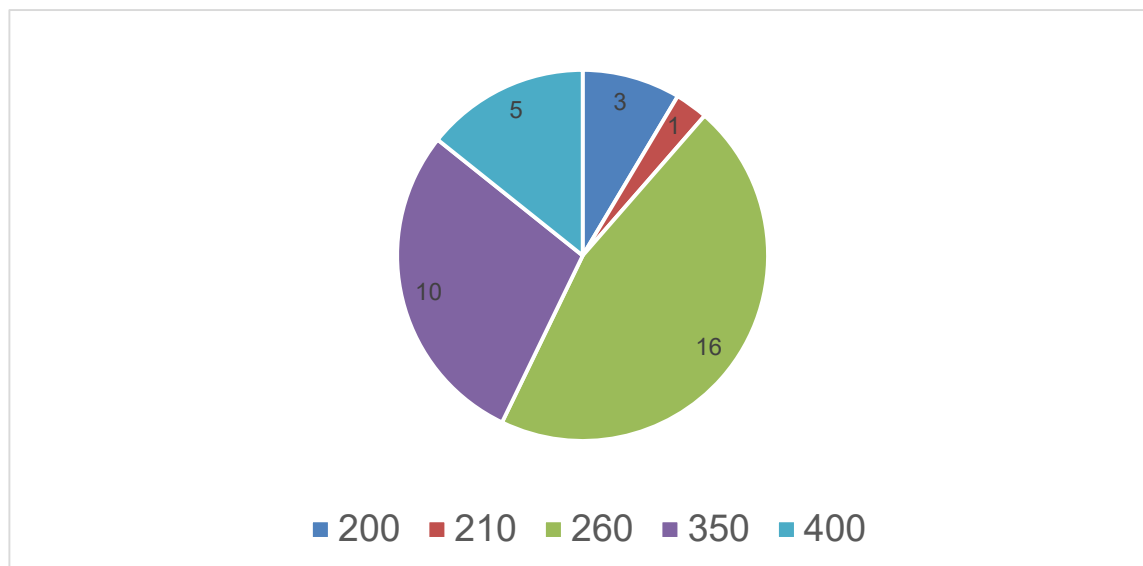


Abbildung 38: Eingebaute Schienenstahlgüten

Bei fast allen Bahnen wird im Regelfall die Stahlgüte R260 eingebaut. Die Stahlgüte 200 wird heute in der Regel nicht mehr eingebaut, ist aber im Bestand noch vorhanden. Bei 29 % der Bahnen zusätzlich die höhere Stahlgüte R350 HT eingebaut. 5 Bahnen haben bereits die noch härtere Stahlgüte R400 HT eingebaut. Primäres Ziel der härteren Stahlgüte ist die Verschleissreduktion in engen Bögen und stark beanspruchten Gleisabschnitten. Um häufige Wechsel der Stahlgüte zu vermeiden, verfolgen einzelne Bahnen die Strategie generell nur eine Stahlgüte z.B. 350HT oder 400HT einzusetzen.

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen mit dem Einsatz der verschiedenen Stahlgüten zur Reduktion des Schienenverschleisses sind für das Projekt P3 Grundlagen Rad/Schiene folgende Fragestellungen zu klären:

- Wie gross ist der Einfluss der Erhöhung der Schienenstahlgüte auf den Verschleiss am Rad?
- Welche Strategie (durchgehender Einbau der gleichen Stahlgüte oder radien- und belastungsabhängiger Einbau) ist für den Verschleiss am Rad günstiger?

2.7.3 Fragen zu Schienenzwischenlagen

Die meisten Bahnen setzen die harten Zwischenlagen mit einer Steifigkeit von 700 kN/mm ein vgl. Abb. 39.

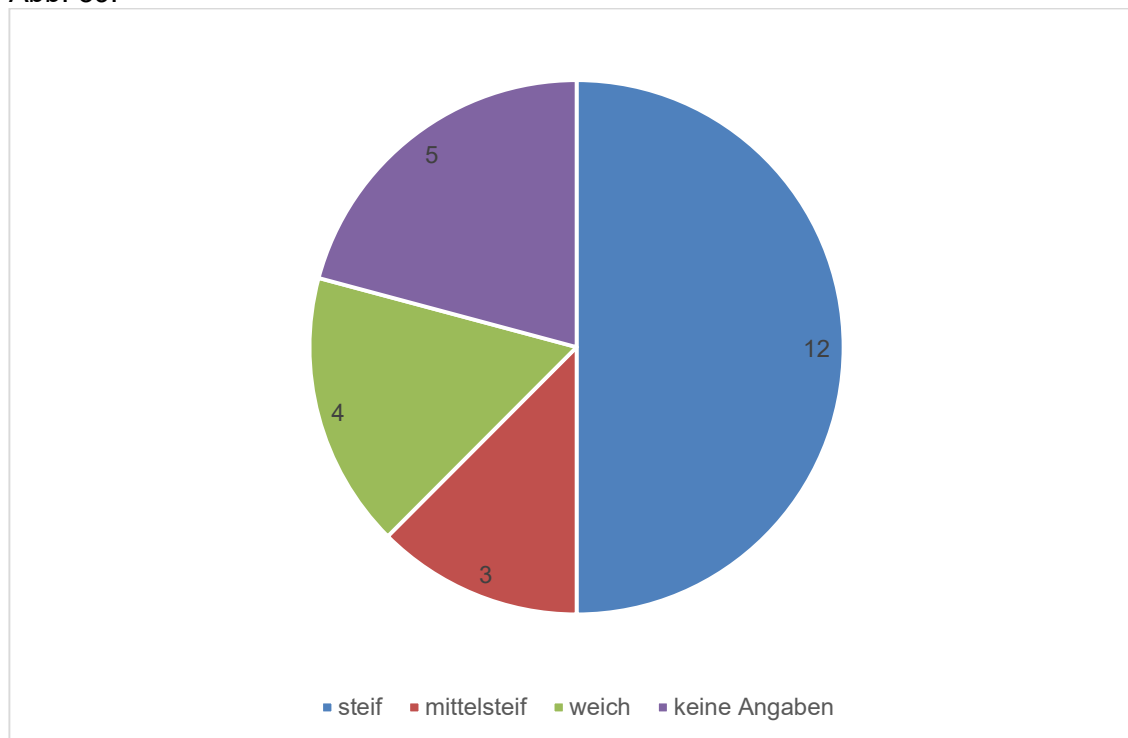


Abbildung 39: Einsatz der Schienenzwischenlagen

Vier Bahnen setzen bei Betonschwellen auf weiche Schienenzwischenlagen mit einer Steifigkeit von 85 resp. 100 kN/mm mit dem Ziel die Schlupfwellenbildung in den engen Bögen zu reduzieren. Weil beim Einsatz der weicheren Zwischenlage eine Zunahme des Lärms festgestellt wurde, sind gewisse Bahnen wie RhB und AB auf den Einbau von mittelsteifen Zwischenlagen mit einer Steifigkeit von 200 kN/mm übergegangen.

Bei verschiedenen Bahnen wird die harte Zwischenlage oft aus historischen Gründen (Standard auf Holzschwelle) eingebaut. Hier besteht Aufklärungsbedarf, welche Wirkung die Steifigkeit der Schienenzwischenlage überhaupt hat. Insbesondere die Lösung des Zielkonflikt Reduktion Schienenverschleiss gegenüber Lärmerhöhung mit einer geeigneten Schienenzwischenlage wird ein wichtiger Schwerpunkt im Projekt P4 sein.

Der Verschleiss der Zwischenlage selber ist bei den befragten Bahnen in den meisten Fällen kein Problem. Diese werden erst beim nächsten Schienenwechsel oder der Oberbauerneuerung gewechselt.

2.7.4 Fragen zu Schwellen und Schwellenbesohlung

Bei den Bahnen sind noch viele unterschiedliche Schwellen (Holz, Stahl, Beton, Y-Stahl) im Einsatz. Tendenziell werden bei Neubauten Betonschwellen eingebaut. Bei den Zahnradbahnen werden Stahlschwellen eingebaut. In den speziellen Fällen z.B. auf Stahlbrücken mit Direktbefestigung werden auch Kunstholzschwellen eingebaut.

Bei den Gleisen mit Y-Stahlschwellen gibt es oft Probleme mit dem Halten der Überhöhung.

Die Schwellenbesohlung wird bei den Meterspurbahnen aktuell noch wenig und wenn ja im Rahmen von Versuchen eingesetzt. Dort wo diese eingesetzt wird, kommt die steife Besohlung zum Zug.

Vielen Bahnen ist die Schwellenbesohlung und die technischen Unterschiede der Produkte (Querverschiebewiderstand, Kontaktfläche) nicht bekannt oder haben sich noch nicht wirklich damit beschäftigt. Bei den Bahnen, die sie bereits eingebaut haben, nutzen sie als Standard-Lösung bei Betonschwellen (Fokus Schotterschonung), zur Optimierung von Steifigkeitssprüngen bei Übergängen oder in engen Bögen und bei hartem Unterbau.

2.7.5 Fragen zu Zahnstangengleisen

Von den befragten Bahnen haben fünf Bahnen Zahnstangenstrecken. Es werden unterschiedliche Systeme eingesetzt: Von Roll, Riggerbach, Abt und Strub.

Es werden bei allen Bahnen Stahlschwellen eingesetzt. Bei der MGB sind es Y-Stahlschwellen. Das lückenlose Verschweissen der Zahnstange ist systemabhängig. Beim System Abt wird nicht verschweisst, beim System Strub und Von Roll ja.

2.7.6 Fragen zu Rillenschienen

Neben den Trambahnen sind auch bei den meisten anderen befragten Bahnen Abschnitte mit Rillenschienen eingebaut. Meist sind die Profile 59R2 und Ri 60 eingebaut. Bei den meisten Bahnen werden nur auf kurzen Strecken Rillenschienen eingesetzt und das Radprofil nicht angepasst. Bei längeren Strecken (Forchbahn, TransN und AB) werden angepasste Radprofile verwendet.

2.7.7 Fragen zu Unterbau und Entwässerung

Der grösste Teil der Strecken der befragten Bahnen haben noch keinen Unterbau und stammt noch aus deren Erstellungszeit. Vier Bahnen haben gar keinen Unterbau dimensioniert vgl. Abb. 40.

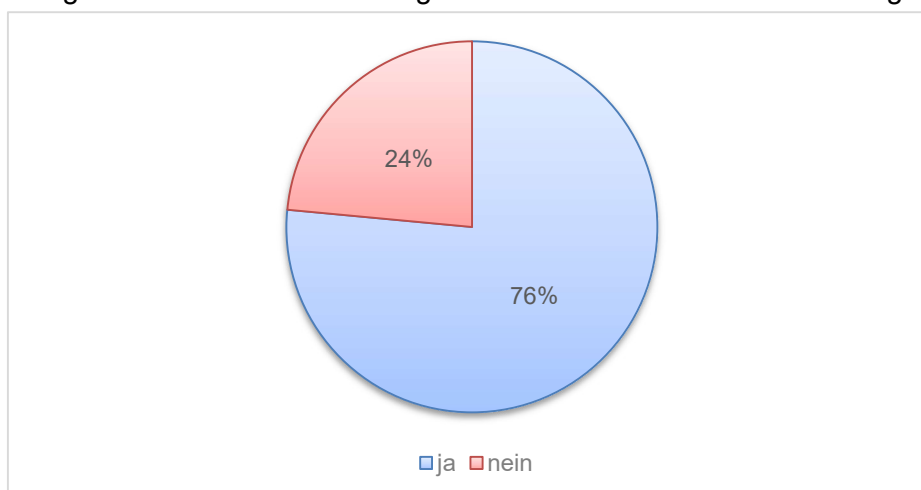


Abbildung 40: Bahnen mit Unterbau

Der prozentuale Anteil an Strecken mit Unterbau ist sehr unterschiedlich und variiert zwischen wenigen Prozenten bis zu 40 %. Interessant ist, dass bei den RhB zu 90 % kein genormter Unterbau vorhanden ist, weil man bisher keine Probleme mit der Tragfähigkeit hatte und keine übermässigen Auffälligkeiten wie Schlammaufstösse und weisse Stellen festgestellt wurden.

Tendenziell wird bei Neubauten der Unterbau mit PSS realisiert, teilweise auch mit AC-Rail.

Für das Projekt P4 dürften folgende Fragestellungen von Interesse sein:

- Wie muss der optimale Unterbau in Bezug auf die optimale Fahrbahnsteifigkeit dimensioniert sein?
- Wann sollte ein bestehender, undefinierter Unterbau durch einen genormten Unterbau ersetzt werden?

Bei den meisten Bahnen sind Entwässerungen in Form von Böschungen, Gräben und Sickerleitungen eingebaut. Bei rund einem Drittel der Bahnen sind ca. 60- 80 % der Strecken entwässert. Bei den Bahnen ist der grösste Teil der Strecken nicht entwässert vgl. Abb. 41.

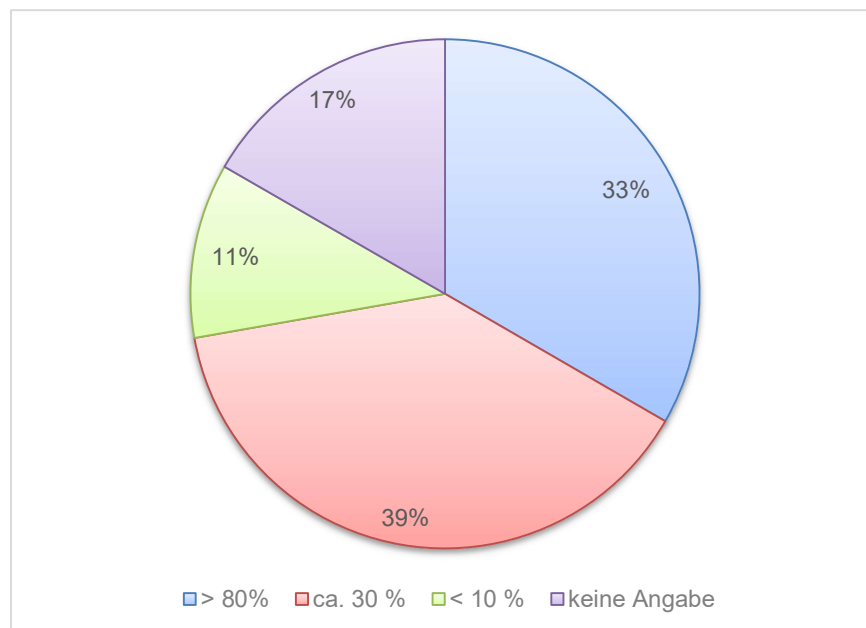


Abbildung 41: Prozentualer Anteil der Strecken mit Entwässerung

2.7.8 Stopfen und Schleifen

Der durchschnittliche Stopfzyklus ist in der Regel belastungsabhängig und variiert zwischen 4 - 8 Jahren. Die Auslösung erfolgt auf Basis einer Beurteilung der Gleislage.

Bei allen Bahnen werden die Schienen zumindest geschliffen. Bei MOB werden die Schienen teilweise auch gefräst. Auch RhB macht erste Versuche mit Schienenfräsen im Vereinatunnel. Auslöser für die Arbeiten sind in der Regel die Bildung von Schienenfehlern insbesondere Schlupfwellen vgl. Abb. 42.

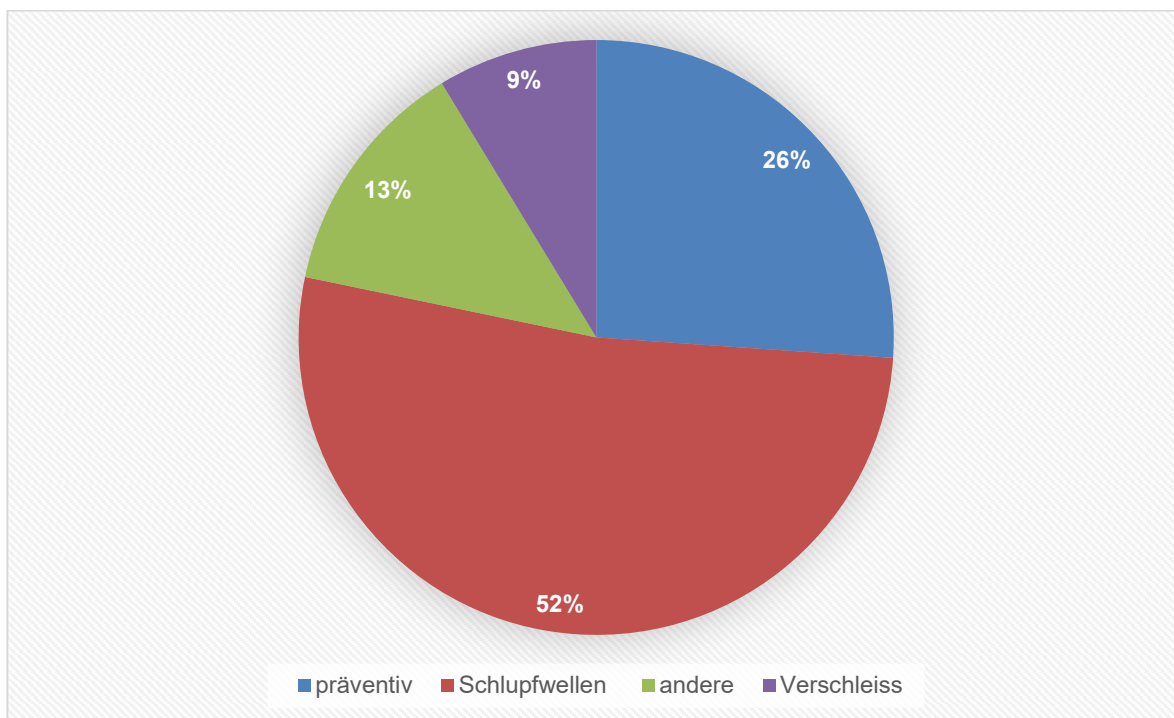


Abbildung 42: Auslöser für Schleif- oder Fräsarbeiten

Als einzige Bahn verfolgt die Forchbahn eine präventive Schleifstrategie. Dort werden die Schienen systematisch alle zwei Jahre geschliffen. Fünf weitere Bahnen verfolgen zumindest teilweise eine präventive Schleifstrategie.

2.7.9 Überwachung der Gleislage

Für die Überwachung der Gleislage verwenden grössere Bahnen den Messwagen. Kleinere Bahnen messen punktuell händisch und beurteilen zusätzlich visuell.

Die Gleise werden visuell durch den Streckenläufer alle 2-4 Wochen kontrolliert. Der Messwagen misst halbjährlich bis alle 2 Jahre die gesamte Strecke.

Es werden die üblichen Gleislageparameter wie Richtung, Längshöhe, Überhöhung, Verwindung, Spurweite und Schienenprofil (Verschleiss) überwacht.

Bei den Begehungen durch den Streckenläufer werden die üblichen Unregelmässigkeiten gemäss Fehlerkatalog festgestellt. Aus den Ergebnissen der Umfragen wurden keine nennenswerten Vorkommnisse gemeldet.

2.7.10 Fragen zu Schädigungen im Gleis

Bei der Frage nach den im Gleis auftretenden Schädigungen wurden von den meist folgende gemeldet:

- Schienen: Schlupfwellen, Risse, Gratbildung
- Schwellen: vor allem Risse in Holzschwellen
- Schienenbefestigungen: treten selten Schäden auf

Im Rahmen der Umfrage wurden keine neuen Lösungsansätze zur Reduktion der Schädigungen aufgeführt. Es werden die üblichen Massnahmen wie Schleifen oder Wechsel der Schienen oder Ersatz der Holz- durch Betonschwellen praktiziert.

2.7.11 Lärm und Erschütterung

Über 80 % der befragten Bahnen haben Probleme mit Lärm vgl. Abb. 43.

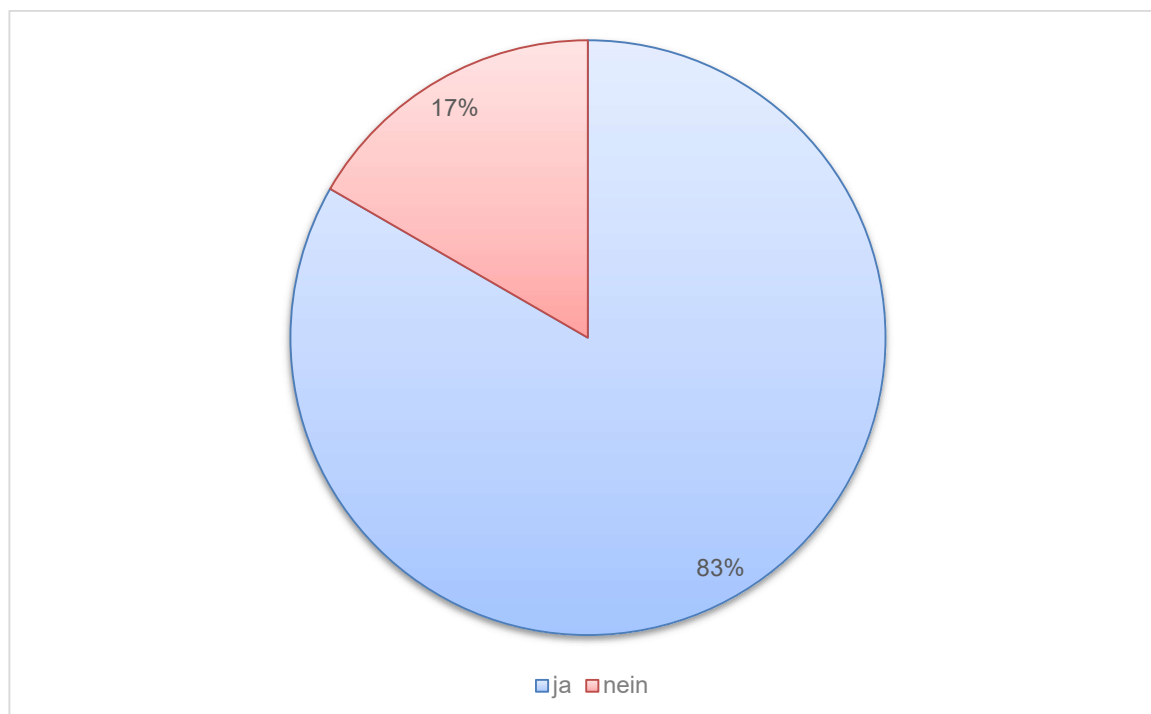


Abbildung 43: Bahnen mit Lärmproblemen

Bei den meisten Bahnen handelt es sich um Kurvenkreischen in engen Bögen. Als mögliche Massnahmen werden SKS und SKK eingesetzt. Allerdings ist der erzielte Effekt teilweise noch unklar und bestätigt den Forschungsbedarf, der im Projekt P2 und teilweise P4 ausgewiesen wurde.

Als weitere erfolgreiche Massnahmen wurde fahrzeugseitig der Einbau von Radschallabsorbern sowie die Reduktion der Geschwindigkeit genannt.

Über die Hälfte der Bahnen hat Probleme mit Erschütterungen vgl. Abb. 44.



Abbildung 44: Bahnen mit Erschütterungsproblemen

Es gibt keine allgemeine wirksame Lösung gegen Erschütterung bei den Bahnen. Versuchsweise werden besohlte Betonschwellen eingesetzt. Lokal wurden Unterschottermatten mit Erfolg eingesetzt. Zu den Besohlungen ist zu bemerken, dass die in der Schweiz zugelassenen Typen nicht für den Erschütterungsschutz konzipiert sind. Es stellt sich die Frage, ob die Bahnen hochelastische/elastische USP für diesen Fall tatsächlich verwenden?

2.7.12 Auswirkungen neues Rollmaterial

Bei den meisten Bahnen, bei welchen neues Rollmaterial im Einsatz ist, haben die Schädigungen zugenommen, insbesondere Schienenverschleiss und Schlupfwellen vgl. Abb. 45.



Abbildung 45: Zunahme der Schädigung beim Einsatz von neuem Rollmaterial

2.8 Ergebnisse Umfrage P5

2.8.1 Aufzeigen Handlungsbedarf im Projekt P5

Die wichtigsten Erkenntnisse aus der Auswertung der Fragen zur Umfrage Teil P5 (Fahrzeuge) können wie folgt zusammengefasst werden:

Nicht alle Fragen konnten durch die Bahnen beantwortet werden. Daraus kann geschlossen werden, dass ein Schulungsbedarf bei den Bahnen sinnvoll ist. Eine begleitete Rückfragerunde wäre wichtig gewesen.

Detaillierte technische Fragen zu den Fahrzeugen können nur durch den Hersteller beantwortet werden. Viele technische Details sind den Bahnen nicht bekannt bzw. wurden den Bahnen nicht weitergegeben.

Die eingesetzten Fahrzeuge der Bahnen haben unterschiedliche technische Merkmale. Eine erste Analyse zeigt, dass kein Standard erkennbar ist, so z.B.

- Bremsen (Klotz, Scheiben)
- Antriebsübertragung (Hohlwelle, Kardan)
- Anbindungen Drehgestell – Wagenkasten (Drehkranz, Drehzapfen)
- Radtypen (Vollräder, bereifte Räder, gummigefederte Räder)
- Rad-/Radreifenmaterialien sind unterschiedlich, Wahl nicht begründet
- Fahrwerkkonzepte (Jakobs, klassisch 2 Fahrwerke, 1 Fahrwerk und Rest aufgesattelt)
- etc.

Eine Auswertung zeigt, dass die folgenden Zugkonzepte im Einsatz stehen vgl. Abb. 46:

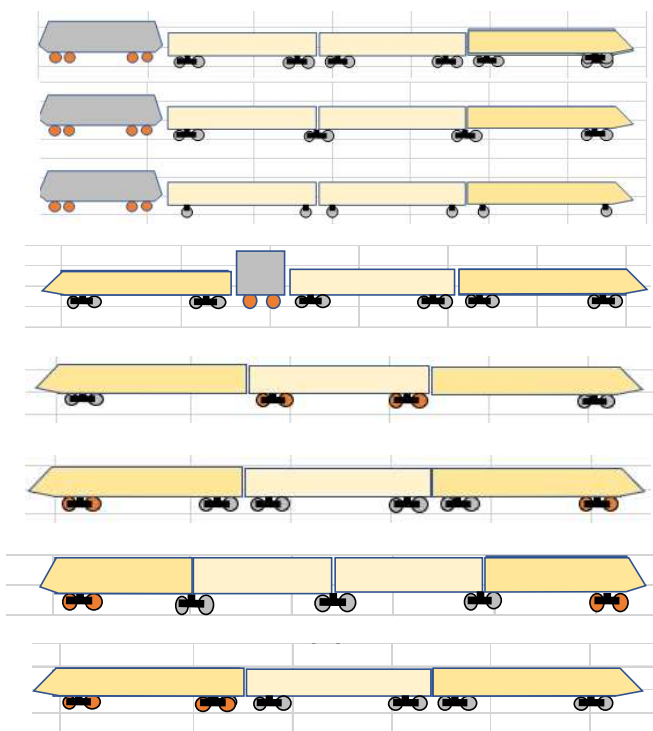


Abbildung 46: Eingesetzte Zugkonzepte

Das Laufleistungsintervall von Lauf-/Triebrädern liegt zwischen 3'000 – 50'000 km/mm Raddurchmesser-Abnutzung und hat damit eine sehr grosse Streuung.

Der Radstand bei Triebdrehgestellen variiert von 1750 mm – 2980 mm (bei Loks). Bei Laufdrehgestellen liegt er zwischen 1400 mm – 2150 mm (bei Jakobs-Drehgestellen).

Der Durchmesser von Triebrädern variiert von 600 mm bis 1070 mm (bei Loks). Bei Laufrädern liegt er zwischen 580 mm – 770 mm.

Die Lebensdauer bei Triebrädern schwankt zwischen 74'000 km bis 1'000'000 km, bei den Laufrädern beträgt die Lebensdauer zw. 160'000 km – 2'000'000 km was ebenfalls eine grosse Streuung aufzeigt

Der Zusammenhang zwischen Radverschleiss bzw. Radschäden und Streckenverlauf wird bei vielen Bahnen nicht systematisch erfasst und beobachtet. Die Trassierungsgegebenheiten und deren Auswirkungen auf die Fahrzeuge sind nur sehr oberflächlich bekannt.

Die Radsatzlast im beladenen Zustand ist bei vielen Bahnen nicht angegeben worden

Bezüglich Traktion und Bremsen werden von den Bahnen keine konkreten Anforderungen an den Hersteller gestellt. Der Hersteller bestimmt das ZV-Diagramm z.B. nach den Vorgaben für die Fahrzeiteinhaltung der Strecken.

ZV-Diagramme für die Fahrzeuge sind nicht bei allen Bahnen vorhanden.

Bezüglich Lauftechnik werden von den Bahnen keine Anforderungen an den Hersteller gestellt. Lauftechnische Fragen können in der Regel nicht beantwortet werden, das Wissen bei den Bahnen fehlt dazu.

2.8.2 Inputs für andere Projekte

Aus der Auswertung der Umfrage in P5 ergeben sich folgende Inputs für die anderen Projekte:

| Input | Betrifft Projekt |
|---|------------------|
| Die Ausbildung muss bei den Bahnen gestärkt werden. Es sind Schulungen im Bereich Lauftechnik notwendig. | P8 |
| Technische Fragen zu den Fahrzeugen werden am einfachsten direkt mit dem Hersteller geklärt. Viele Details sind nur über diesen Weg erhältlich. | P1-5 |
| Die Kernaussagen aus dieser Umfrage fliessen in die «Systemanalyse Interaktion Fahrzeuge» ein, so z.B. <ul style="list-style-type: none"> - Schädigungen an Rad/Schiene - Betriebskonzepte - Zugskonzepte - Referenzfahrzeuge - Streckencharakteristik | P5 |

Tabelle 3: Inputs P5 für andere Projekte

2.8.3 Wichtige Erkenntnisse für Bahnen

Die Schulung und Ausbildung der Mitarbeitenden ist zu verstärken, damit eine gemeinsame technische Sprache in der «Meterspur», insbesondere im Fachgebiet Interaktion Fahrzeug/Fahrweg entsteht.

Die Kenntnisse der Bahnen über ihre Fahrzeuge sollte vertieft werden. Die Fahrwerksprinzipien z. Bsp. konnten aufgrund der Antworten der Bahnen nicht nachvollzogen werden.

Die Spezifikationen für die Beschaffung neuer Fahrzeuge sollten auch die Lauftechnik beinhalten.

Die technischen Dokumente der Fahrzeuge (Berichte, Datenblätter, Spezifikationen und Zeichnungen, etc.) sollten konsequent beim Hersteller eingefordert werden. Diese sind bei dem Bahnen während der Lebensdauer der Fahrzeuge zu pflegen.

3 Fazit

3.1 Zusammenfassung wichtigste Ergebnisse

Die von 17 Mitgliederbahnen RAILplus sowie von zwei Trambahnen und der Forchbahn beantwortete Umfrage ergab für das Projekt Systemführerschaft Interaktion Fahrzeug / Fahrweg Meterspur wertvolle Informationen und Erkenntnisse.

Schadensformen am Fahrzeug

Radverschleiss am Spurkranz und an der Fahrfläche gehören mit einem Anteil von 50 % zu den häufigsten Schadensformen am Fahrzeug. Daraus ergeben sich aber die Fragestellungen:

- *Auf welchen Strecken ist der Radverschleiss dominierend?*
- *Gibt es Abhängigkeiten zu den Bogenverteilungen?*
- *Gibt es Abhängigkeiten zum verkehrenden Fahrzeugtyp?*
- *Gibt es Unterschiede zwischen den Laufdrehgestellen und den Triebdrehgestellen?*
- *Gib es Abhängigkeiten zu den Stahlqualitäten der Räder?*

Schadensformen am Fahrweg

Bei den Schadensformen an den Schienenfahrflächen dominieren Schienenverschleiss und Schlupfwellen. Daraus ergeben sich nachfolgende Fragestellungen, die im Projekt zu klären sind:

- *Auf welchen Strecken sind Schienenverschleiss oder Schlupfwellen dominierend?*
- *Gibt es Abhängigkeiten zu den Trassierungsgegebenheiten (Bogenverteilungen)?*
- *Gibt es Abhängigkeiten zu den im Einsatz befindlichen Fahrzeugen?*
- *Gib es Abhängigkeiten zwischen Schlupfwellen und der Schienenhärte?*

Kostenanstieg Fahrzeug-Fahrweg

Mehr als die Hälfte der Bahnen führen einen in den letzten Jahren festgestellten Kostenanstieg auf ein suboptimales Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und Fahrweg zurück. Die Antworten zur Abschätzung der jährlichen Zusatzkosten sind in den meisten Fällen schwer nachvollziehbar und sind im Projekt Gesamtwirtschaftlichkeit zu klären. Dabei sind insbesondere Die Abhängigkeiten der Kosten zu folgenden Aspekten zu analysieren:

- *Einfluss Fahrzeugbeschaffung*
- *Einfluss Veränderung der Fahrbahn*
- *Einfluss von Gleisbelastung und Achslast*

Lärm und Erschütterung

Lärm und Erschütterung ist bei den Bahnen ein aktuelles Thema. Lärm wird in der Regel in den engen Bögen in Form des Kurvenkreischens wahrgenommen. Erschütterungen sind geometrieunabhängig und sind meist ein lokales Phänomen.

Tools für Instandhaltungsmassnahmen Fahrweg

Bei den meisten Bahnen besteht ein Nachholbedarf für ein modernes Instandhaltungstool von der Erfassung des aktuellen Zustandes bis zur Prognose als Grundlage für die Festlegung von geeigneten Unterhaltsmassnahmen.

Ermittlung der Bogenverteilung

Die Bogenverteilung als wichtige Informationsquelle für Berechnungen und Simulation der Interaktion Fahrzeug/Fahrweg im Meterspurnetz konnte in der Befragung nur ungenügend ermittelt werden. Die aus Toporail-Daten entwickelte Auswertemöglichkeit von Innovativ Times hat sich bei den ersten Bahnen bewährt und sollte auf die anderen ausgeweitet werden.

Spurkranzschmierung (SKS)

Alle Bahnen verwenden fahrzeugseitig SKS. Damit soll Rad- und Schienenverschleiss, Kurvenquietschen und die Bildung von Schlupfwellen reduziert und die Entgleisungssicherheit verbessert werden.

Die aufgebrachten Mengen für das Schmiermittel sind für jede Bahn und jedes Fahrzeug unterschiedlich und müssen im Rahmen des Projektes P2 vertieft werden.

Bei keiner befragten Bahn wird die Abschaltung der Schmierung aus Umweltgründen gefordert. Die meisten Bahnen haben keine Fehlfunktionen der Gleisstromkreise festgestellt. Die Details der Fehlfunktionen werden in der weiteren Arbeit im P2 analysiert.

Schienenkopfkonditionierung (SKK)

Viele Bahnen verwechseln SKK mit SKS. Onboard – Systeme sind zurzeit bei 6 Bahnen im Einsatz. Zwei Bahnen verwenden eine ortsfest installierte Anlage. Mit SKK sollen wie bei SKS Kurvenkreischen, Rad- und Schienenverschleiss sowie Schlupfwellenbildung reduziert werden.

Die mit der Einführung von SKK festgestellten Verbesserungen sind von Bahn zu Bahn unterschiedlich z.B. Verbesserung nur bei Lärm. Eine Bewertung der Verbesserungen sind Bestandteil der Detailauswertung im Projekt P2.

Es wurden keine Schäden an Rad und Schiene durch Konditionierung festgestellt oder aufgezeigt.

Einzelne Bahnen führten vor der Inbetriebnahme Brems- und Traktionsversuche durch, um die durch SKK bedingten Beeinträchtigungen der Leistungen zu ermitteln.

Rad- und Schienenprofile

Die bei den Bahnen verwendeten Radprofile entsprechen grösstenteils den Profilen gemäss R RTE 29500 oder sind auf dieser Basis weiterentwickelt worden. Die bekannten Radprofile sind nicht auf die bei den Meterspurbahnen eingesetzten nominellen bzw. eingefahrenen Schienenprofile abgestimmt. Bei den Meterspurbahnen ist das Schienenprofil 46E1 am weitesten verbreitet.

Ziel der Forschung im P3 muss sein, das Wissen zum Rad- und Schienenprofil derart aufzubauen, damit die für die optimale Interaktion Fahrzeug/Fahrweg angepassten Profile bestimmt und angewendet werden können.

Instabiler Lauf stellt bei den meisten Bahnen kein Problem dar, weil die meisten Bahnen gar nicht im dafür massgebenden oberen Geschwindigkeitsbereich fahren.

Verschleiss an Rad und Schiene

Hohllauf ist kein wesentliches Problem bei den Bahnen. Bei den meisten Bahnen tritt bei den Triebradsätzen grösserer Laufflächenverschleiss auf als bei den Laufradsätzen. Die ist grösstenteils darauf zurückzuführen, dass die Radlasten und die Achsstände bei Triebradsätzen grösser sind.

Bei rund der Hälfte der befragten Bahnen stellt sich ein erhöhter Verschleiss an den Schienenflanken ein. Dies deutet auf einen Zusammenhang mit der SKS hin. Dieser Aspektes ist in P2 näher zu untersuchen.

Verfügbare Unterlagen zur Beurteilung von Schäden an Rad und Schiene

Für die Bewertung von Schäden an Rad und Schiene werden unterschiedliche Kataloge angewendet. Es sollte deshalb im Rahmen der Forschung ein Schadenkatalog für die Meterspur erstellt werden. Dabei sollen die neuesten Unterlagen aus der Normalspur miteinbezogen und soweit möglich übernommen werden. Daneben sollen auch die Erfahrungen der Meterspurbahnen genutzt werden.

Spezifikationen zu lauftechnischen Auslegungs- und Nachweisrechnungen

Im Rahmen der Umfrage bestätigte sich die Vermutung, dass bisher in den Spezifikationen von den Meterspurbahnen keine lauftechnischen Auslegungs- und Nachweisrechnungen bei der Fahrzeugbeschaffung gefordert werden. Diese sind in P3 und P5 zu erstellen. Damit soll in Zukunft Klarheit zu den Anforderungen der Schnittstelle Rad/Schiene durch die Bahnen bei der Fahrzeugindustrie geschaffen werden.

Spezifikationen zu versuchstechnischen Nachweisen

Bei den meisten Bahnen sind keine Spezifikationen für die Durchführung von Versuchen vorhanden. Hier ist zu prüfen, ob die für die Zulassung von Fahrzeugen Meterspur durch das BAV geforderten Nachweise genügend sind.

Fahrbahn

Bei den meisten befragten Bahnen haben sich die mittleren täglichen Gleisbelastungen aufgrund von Taktverdichtungen und Zunahme der Achslasten deutlich erhöht.

Bei fast allen Bahnen wird im Regelfall das Schienenprofil 46E1 mit der Stahlgüte R260 eingebaut. Zur Verschleissreduktion in engen Bögen und stark beanspruchten Gleisabschnitten wird teilweise die höhere Stahlgüte R350HT oder neuerdings R400Ht eingebaut. Dabei ist mit P3 der Einfluss der Erhöhung der Schienenstahlgüte auf den Verschleiss am Rad zu prüfen.

Die heute bei Betonschwellen eingesetzten weichen Schienenzwischenlagen leisten einen wirksamen Beitrag an die Reduktion der Schlupfwellenbildung. Auf der anderen Seite wurde dadurch eine Lärmenzunahme festgestellt. Die Lösung dieses Zielkonfliktes Reduktion Verschleiss versus Lärmerhöhung mit einer optimierten Zwischenlage wird ein Schwerpunkt in P4 sein.

Obwohl heute noch unterschiedliche Schwellen im Einsatz sind, werden heute tendenziell bei Neubauten Betonschwellen eingebaut. Die Schwellenbesohlung ist bei den meisten Bahnen noch wenig bekannt. Die Potentiale sollen in P4 aufgezeigt werden.

Der grösste Teil der befragten Bahnen haben noch keinen standardisierten Unterbau oder stammt noch aus der Erstellungszeit. Für das Projekt P4 stehen folgende Fragestellung zum Unterbau im Vordergrund:

- *Wie muss der optimale Unterbau in Bezug auf die optimale Fahrbahnsteifigkeit dimensioniert sein?*
- *Wann sollte ein bestehender, undefinierter Unterbau durch einen genormten Unterbau ersetzt werden?*

Der durchschnittliche Stopfzyklen ist bei den Bahnen belastungsabhängig und variiert zwischen 4 – 8 Jahren. Bei allen Bahnen werden die Schienen zumindest geschliffen. Auslöser dafür sind meistens die Bildung von Schienenfehlern.

Für die Überwachung der Gleislage verwenden grössere Bahnen den Messwagen. Kleinere Bahnen messen punktuell händisch und beurteilen zusätzlich visuell. Es werden die üblichen Gleislageparameter gemäss R RTE 22570 überwacht.

Fahrzeug

Bei den Fragen zum Fahrzeug stellte sich heraus, dass diese nur zum Teil beantwortet werden konnten. Detaillierte technische Fragen zu den Fahrzeugen können teilweise nur durch den Hersteller beantwortet werden. Daraus lässt sich schliessen, dass der Schulungsbedarf bei den Bahnen vorhanden ist.

Bei den eingesetzten Fahrzeugen zeigt sich, dass diese sehr unterschiedliche technischen Merkmale aufweisen und nach ersten Erkenntnissen kein Standard erkennbar ist. Dies betrifft z.B. die Bremsen, die Antriebsübertragung, die Radtypen, die Radmaterialien oder die Fahrwerkskonzepte.

Das Laufleistungsintervall von Lauf- und Triebrädern hat eine grosse Streuung. Die Durchmesser von Trieb- und Laufrädern variieren zwischen den Fahrzeugtypen.

Der Zusammenhang zwischen Radverschleiss und Streckenverlauf wird bei vielen Bahnen nicht systematisch erfasst und beobachtet. Die Trassierungsgegebenheiten und deren Auswirkungen auf die Fahrzeuge sind nur sehr oberflächlich bekannt.

Die Kernaussagen der Umfrage zu den Fahrzeugen fliessen in die Systemanalyse Interaktion Fahrzeuge ein:

- *Schädigungen an Rad/Schiene*
- *Betriebskonzepte*
- *Zugskonzepte*
- *Referenzfahrzeuge*
- *Streckencharakteristik*

Für die Bahnen ergeben sich folgende wichtigen Erkenntnisse:

Die Schulung und Ausbildung der Mitarbeitenden ist zu verstärken, damit eine gemeinsame technische Sprache in der «Meterspur», insbesondere im Fachgebiet Interaktion Fahrzeug/Fahrgast entsteht.

Die Kenntnisse der Bahnen über ihre Fahrzeuge sollte vertieft werden.

Die Spezifikationen für die Beschaffung neuer Fahrzeuge sollten auch die Lauftechnik beinhalten.

Die technischen Dokumente der Fahrzeuge (Berichte, Datenblätter, Spezifikationen und Zeichnungen, etc.) sollten konsequent beim Hersteller eingefordert werden. Diese sind bei den Bahnen während der Lebensdauer der Fahrzeuge zu pflegen.

4 Verzeichnisse

4.1 Revisionen

| <i>Rev.</i> | <i>Datum</i> | <i>Bearbeiter</i> | <i>Beschrieb der Anpassung</i> |
|-------------|--------------|-------------------|--------------------------------|
| 1.0 | 08.10.2022 | Peter Güldenapfel | Erstellung |
| | | | |
| | | | |

4.2 Abbildungen

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Schadensformen am Fahrzeug | 10 |
| Abbildung 2: Schadensformen an der Schiene | 11 |
| Abbildung 3: Schadensformen an Ober- und Unterbau | 12 |
| Abbildung 4: Unternehmen mit Kostenanstieg suboptimales Zusammenspiel Fzg/Fw | 13 |
| Abbildung 5: grösste Probleme beim Kurzzeitverhalten | 14 |
| Abbildung 6: Verwendung von Tools für Instandhaltungsmassnahmen Fahrweg | 15 |
| Abbildung 7: Geschriebene Prozesse Instandhaltung am Fahrzeug | 15 |
| Abbildung 8: Geschriebene Prozesse Instandhaltung am Fahrweg | 15 |
| Abbildung 9: gelieferte Formate über die Bogenverteilungen der Bahnen | 16 |
| Abbildung 10: Bogenverteilung Bsp. TPF (Darstellung aus Auswertung Innovativ Times SA) | 17 |
| Abbildung 11: Anwendung EN 15427-1-2 und 16028 für Spurkranzschmierung bei den Bahnen | 18 |
| Abbildung 12: Anwendung R RTE 49410 für Spurkranzschmierung bei den Bahnen | 19 |
| Abbildung 13: Überprüfung Schmierwirkung durch Streckenläufer | 19 |
| Abbildung 14: Überprüfung Schmierwirkung durch periodische Streckenbegehung | 19 |
| Abbildung 15: Grund für Anwendung von SKK | 20 |
| Abbildung 16: Steuerung der SKK | 21 |
| Abbildung 17: Verwendung von Kreuzungsweichen in Bögen | 23 |
| Abbildung 18: Ausbrüche im Herzstückbereich von Weichen | 23 |
| Abbildung 19: Anteil der Bahnen pro Geschwindigkeitsklasse | 25 |
| Abbildung 20: Anteil der Bahnen mit berührgeometrischen Untersuchungen | 25 |
| Abbildung 21 Gleitspuren von blockierten Rädern auf den Schienenfahrflächen | 28 |
| Abbildung 22: Schleuderstellen auf Schienenfahrflächen | 28 |
| Abbildung 23: Flachstellen durch blockierte Räder | 28 |
| Abbildung 24: Entstehung thermische Risse bei klotzgebremsten Rädern | 29 |
| Abbildung 25: Entstehung Rillen und Mulden an Fahrflächen durch Klotzbremsen | 29 |
| Abbildung 26: Verwendung von Schadenskatalogen für Räder | 30 |
| Abbildung 27: Verwendung von Schadenskatalogen für Schienen | 31 |
| Abbildung 28: Feststellung von Beeinträchtigungen des Fahrkomforts | 32 |
| Abbildung 29: Zusammenstellung von Entgleisungen durch Zusammenwirken von Rad und Schiene | 33 |
| Abbildung 30: Spezifikation zur lauftechnischen Auslegungs- und Nachweisrechnung vorhanden | 34 |
| Abbildung 31: Fahrzeugparameter für lauftechnische Untersuchungen zur Verfügung | 34 |
| Abbildung 32: Beschaffungsspezifikation für versuchstechnische Nachweise vorhanden | 35 |
| Abbildung 33: Spezifikation zum Nachweis der Nachhaltigkeit im Betriebseinsatz verfügbar | 36 |
| Abbildung 34: Entwicklung der Achslasten | 37 |
| Abbildung 35: Gleisgeometrieberechnung mit Toporail | 38 |
| Abbildung 36: Eingebaute Schienenprofile | 38 |
| Abbildung 37: Minimalradien lückenlos verschweisster Gleise | 39 |
| Abbildung 38: Eingebaute Schienenstahlgüten | 39 |
| Abbildung 39: Einsatz der Schienenzwischenlagen | 40 |
| Abbildung 40: Bahnen mit Unterbau | 41 |
| Abbildung 41: Prozentualer Anteil der Strecken mit Entwässerung | 42 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 42: Auslöser für Schleif- oder Fräsarbeiten | 43 |
| Abbildung 43: Bahnen mit Lärmproblemen | 44 |
| Abbildung 44: Bahnen mit Erschütterungsproblemen..... | 45 |
| Abbildung 45: Zunahme der Schädigung beim Einsatz von neuem Rollmaterial | 45 |
| Abbildung 46: Eingesetzte Zugkonzepte | 46 |

4.3 Tabellen

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Befragte Bahnen | 9 |
| Tabelle 2: Übersicht ein- und doppelspurige Abschnitte..... | 17 |
| Tabelle 3: Inputs P5 für andere Projekte | 47 |

5 Anhang

5.1 Anhang A: Fragebogen Teil 1 und 2

Teil 1: [SF Interaktion Fzg-Fw Meterspur Umfrage T1 d.docx](#)

Teil 2: [SF Interaktion Fzg-Fw Meterspur Umfrage T2 d.docx](#)

Systemführerschaft Interaktion Fahrzeug/Fahrweg Meterspur

Umfrage Bahnen

* Erforderlich

3. Allgemeiner Teil

Primäres Ziel dieses Teils des Fragebogens ist es, Informationen über die relevantesten Verschleiss- und Schadensformen bzw. Probleme zu sammeln, um die im Rahmen der Forschungsinitiative angestrebten Systemverbesserungen zielgerichtet bearbeiten zu können.

1

Für welche Bahn arbeiten Sie?

*

301a) Welche Schadensformen am **FAHRZEUG** (Langzeiteffekte- Langzeitverhalten) verursachen die höchsten Instandhaltungs-/Instandsetzungskosten bzw. die größten Probleme (bitte Reihung für jeden Teilaspekt einzeln vornehmen)

Radverschleiss - Spurkranz

Radverschleiss - Fahrfläche

Rissen an Radoberflächen

Materialausbrüchen an Radoberflächen

Thermisch verursachten Schäden

Flachstellen

Radpolygonisierung

Andere?

3

301b) Anteil in Prozent angeben
Radverschleiss - Spurkranz

301b) Anteil in Prozent angeben
Radverschleiss - Fahrfläche

5

301b) Anteil in Prozent angeben
Rissen an Radoberflächen

6

301b) Anteil in Prozent angeben
Materialausbrüchen an Radoberflächen

7

301b) Anteil in Prozent angeben
Thermisch verursachten Schäden

301b) Anteil in Prozent angeben
Flächstellen

9

301b) Anteil in Prozent angeben
Radpolygonisierung

10

301b) Anteil in Prozent angeben
Andere?

301c) Welche Schadensformen an der **SCHIENE** (Langzeiteffekte-
Langzeitverhalten) verursachen die höchsten
Instandhaltungs-/Instandsetzungskosten bzw. die größten Probleme (bitte
Reihung für jeden Teilaspekt einzeln vornehmen)

Schienenverschleiss (Vertikal, Horizontal, Kombiniert)

Rissen an Schienenoberflächen (head checks, ...)

Materialausbrüchen an Schienenoberflächenflächen

Thermisch verursachten Schäden

Schleuderstellen

Schlupfwellen

Schienenriffel

Andere?

12

301d) Anteil in Prozent angeben
Schienenverschleiss (Vertikal, Horizontal, Kombiniert)

301d) Anteil in Prozent angeben
Rissen an Schienenoberflächen (head checks, ...)

14

301d) Anteil in Prozent angeben
Materialausbrüchen an Schienenoberflächen

15

301d) Anteil in Prozent angeben
Thermisch verursachten Schäden

16

301d) Anteil in Prozent angeben
Schleuderstellen

301d) Anteil in Prozent angeben
Schlupfwellen

18

301d) Anteil in Prozent angeben
Schienenriffel

19

301d) Anteil in Prozent angeben
Andere?

301e) Welche Schadensformen am **OBER-/UNTERBAU** (Langzeiteffekte-
Langzeitverhalten) verursachen die höchsten
Instandhaltungs-/Instandsetzungskosten bzw. die größten Probleme (bitte
Reihung für jeden Teilaspekt einzeln vornehmen)

vertikale Gleislage

laterale Gleislage

Verwindung

Einzelfehler in der Gleislage

Schienenbefestigung

Zwischenlage

Schwellen

Schwellenbesohlung

Schotterreinigung und Schottertausch

Zahnstange

21

301f) Anteil in Prozent angeben
vertikale Gleislage

301f) Anteil in Prozent angeben
laterale Gleislage

301f) Anteil in Prozent angeben
Zwischenlage

23

301f) Anteil in Prozent angeben
Verwindung

27

301f) Anteil in Prozent angeben
Schwellen

24

301f) Anteil in Prozent angeben
Einzelfehler in der Gleislage

28

301f) Anteil in Prozent angeben
Schwellenbesohlung

25

301f) Anteil in Prozent angeben
Schienenbefestigung

29

301f) Anteil in Prozent angeben
Schotterreinigung und Schottertausch

301f) Anteil in Prozent angeben
Zahnstange

31

301g) Bemerkungen / Notizen

32

Frage 302

Bitte reihen Sie die in Frage 301 genannten Aspekte (wenn möglich, Anteil in Prozent angeben)

- Fahrzeug
- Fahrweg:
Schiene
- Fahrweg: Ober-/Unterbau

Frage 303

³³
Schätzen Sie den durch das suboptimale Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und Fahrweg verursachten Kostenanstieg in den letzten Jahren ab.

34

Frage 304

Bitte schätzen Sie die jährlichen Zusatzkosten für Fahrweg und Fahrzeuge ab!

Frage 305

³⁵
Welche Aspekte des Kurzzeitverhaltens (Fahrsicherheit, Komfort, Lärm, Erschütterungen, ...) verursachen die größten Probleme bzw. Kosten (wenn möglich, Anteil in Prozent angeben; wenn möglich, auch Zuordnung zu Trassierungselementen (Gerade, Bogen, Weichen)?

Frage 306a)

³⁷
Welche und wofür?

36

Frage 306

Verwenden Sie bei der Planung von Instandhaltungsmaßnahmen (zur Prognose von Verschleiß, Schäden, Stopfintervallen, etc.) bzw. zur Untersuchung von Problemen des Kurzzeitverhaltens (Fahrsicherheit, Komfort, Lärm, Erschütterungen, etc.) Simulationsmodelle bzw. Tools?

- Ja
- Nein

38

Frage 307

Gibt es geschriebene Prozesse wie die Instandhaltung am Fahrzeug durchgeführt wird?

Frage 308

39
Gibt es geschriebene Prozesse wie die Instandhaltung am Fahrweg durchgeführt wird?

4. Umfrage Teil Projekt P2 SKS/SKK

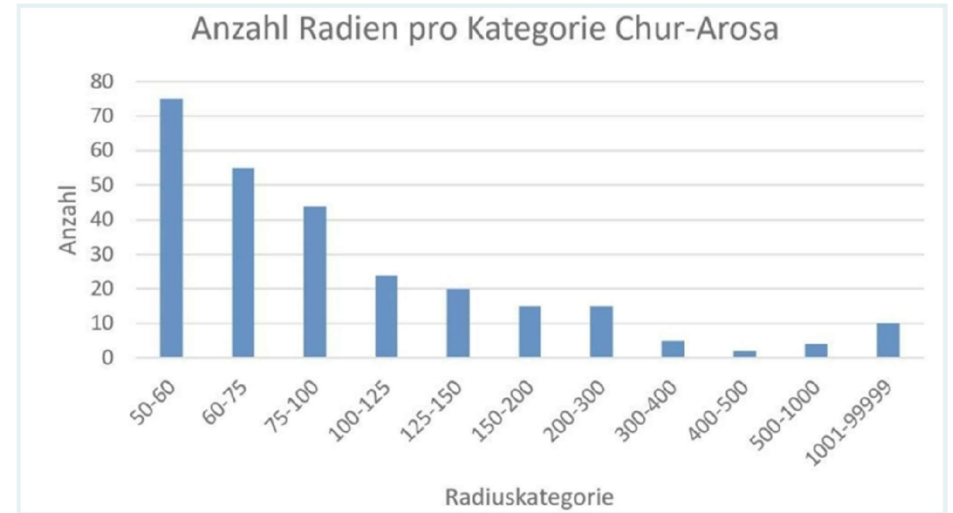
4.1. Streckenbeschreibungen und Betrieb

40

Frage 401

Teilen Sie Ihr Streckennetz in charakteristische Abschnitte gemäss beiliegendem Beispiel Abb. 1. Welches ist die Bogenverteilung pro Strecke (Streckenlänge in km, Bögen und Gerade, Einteilung Strecke in Bogenradienklassen inkl. Übergangsbögen)?

Abb. 1: Beispiel zu Frage 401



Wieviele km des Streckennetzes sind einspurig?

41

Frage 402

Der Wert muss eine Zahl sein.

42

Frage 403

Wie viele km des Streckennetzes sind doppelspurig?

Der Wert muss eine Zahl sein.

43

Frage 404

Anzahl Züge pro Tag im einspurigen Abschnitt?

Der Wert muss eine Zahl sein.

Anzahl Züge pro Tag im doppelspurigen Abschnitt?

44

Frage 405

Der Wert muss eine Zahl sein.

Beschreiben Sie die Fahrzeuge, die auf der Strecke verkehren. Angaben gemäss Beispiel Abb. 2 (Typenskizze mit Daten)

4.2 Beschreibung Fahrzeuge
Abb. 2: Beispiel zu Frage 406



BDSch 4/8 2053 bei Täsch

| | | | |
|------------------------|---------------------------|----------------------|--------|
| Achslast Brutto LDG | | | |
| Achslast Brutto TDG | | | |
| Drehgestellachsstand: | Triebdrehgestell: 2540 mm | | |
| | Laufdrehgestell: 1800 mm | | |
| Dienstmasse: | 71,8 t | | |
| Höchstgeschwindigkeit: | 80 km/h (Adhäsion) | | |
| | 35 km/h (Zahnstange) | | |
| Nummerierung: | 2051-2054 | Stundenzugkraft: | 150 kN |
| Hersteller: | Stadler Bussnang | Dauerzugkraft: | 103 kN |
| Baujahr(e): | 2003, 2005 | Treibraddurchmesser: | 796 mm |
| Achsformel: | 2'Bo'zz Bo'zz 2' | Laufraddurchmesser: | 685 mm |
| Spurweite: | 1000 mm (Meterspur) | Zahnradsystem: | Abt |
| Länge über Kupplung: | 52'014 mm | Größe Zahnräder: | 688 mm |

Sind die Fahrzeuge mit SKS (on-board) ausgerüstet?

ja

nein
46

Frage 407
47

Frage 408

Welches ist der Grund für die Anwendung von SKS?

Rad und Schienenverschleiss

Kurvenkreischen

Schlupfwellen

Sonstiges

48

Frage 409

Sind alle Fahrzeuge mit SKS ausgerüstet und eingeschaltet?
Wenn nein, Prozentsatz und Kriterien für diese Auswahl benennen.

ja

Sonstiges

Welcher Anlagentyp ist im Fahrzeug installiert (REBS, Delimon, usw.)?

49

Frage 410

50

Frage 411

Welches Schmiermittel (Fabrikat, Hersteller) wird eingesetzt?

Frage 412

51
Beschreiben Sie die Bestellunterlagen des Schmiermittels (Spezifikation, Normen, gemäss Typenblatt des Herstellers, andere)

52

Frage 413

Werden die EN Normen 15427-1-2 und 16028 für Spurkanzschmierung angewendet?

- ja
 nein

53

Frage 414

Wird die R RTE 49410 angewendet?

- ja
 nein

Frage 415

54
Wie viele Radsätze werden geschmiert (Anordnung im Fahrzeug beschreiben)?

Auch für den Fall des Verkehrs in Vielfachtraktion aufzeigen

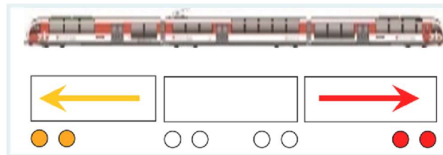
55

Frage 416

Wird in beiden Fahrrichtungen geschmiert?

- ja
- nein

56

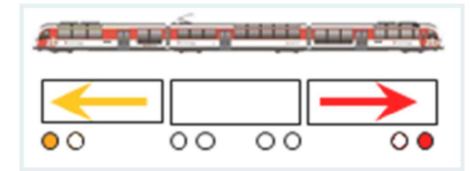


Frage 417a)

Werden vor- und nachlaufende Radsätze im Fahrwerk geschmiert?

- ja
- nein

57



Frage 417b)

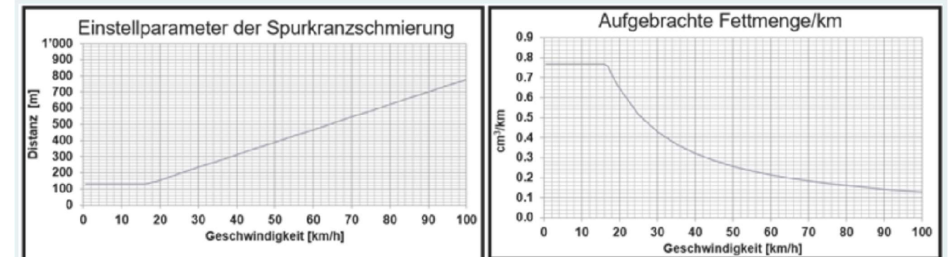
Werden nur vorlaufende Radsätze im Fahrwerk geschmiert?
Falls die Schmierung nicht gemäss Fragen 417a) und b) erfolgt, erläutern Sie wie die Schmierung erfolgt.

- ja
-
- Sonstiges

58

Frage 418

Beschreiben Sie die Einstellung der Spurkranzschmierung (Fettmenge/km)?
Mögliche Darstellung in Diagrammform siehe unten.



Frage 419

59
Wird während der gesamten Fahrt geschmiert?

- ja
 nein

60

Frage 420

In welchem Geschwindigkeitsband wird geschmiert? (Schmierung ab km/h bis km/h, Ein- und Ausschalten)

61

Frage 421

Erfolgt Schmierung nur in Bögen?

- ja
 nein

62

Kommentar / Bemerkungen zu Frage 421

Frage 422

63
Erfolgt die Überprüfung der Schmierwirkung:

| | ja | nein |
|---|-----------------------|-----------------------|
| am Fahrzeug allein bei Instandhaltung | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| durch periodische Streckenbegehung | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| durch Streckenläufer | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| durch andere zum Beispiel Reibwertmessung, Klebermethode an bogenäusserer Schienen, usw.? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

64

Frage 423

Wie erfolgt die Einstellung der Spurkranzschmierdüse (mit Lehre, anders)?

Frage 424

⁶⁵
Wie erfolgt die Funktionsprüfung bei der Instandhaltung (Sprühtest, Beurteilungskriterium)?

Frage 426

⁶⁷
Sind Störungen von Gleisstromkreisen bekannt, die auf das Schmiermittel zurückgeführt werden können (Überbrückung der Isolierung)?

66

Frage 425

Gibt es Bereiche, wo aus Umweltschutzgründen nicht geschmiert werden darf und gibt es dazu Untersuchungen (Grundwasserschutzzonen, usw.)?

4.4. Informationen über SKK

Im Zusammenhang mit der Zulassung des Systems SKK bei der MGB sind mehrere Dokumente entstanden, welche für das Verständnis der unten aufgeführten Fragen und allenfalls zu deren Beantwortung nützlich sein können. Diese sind beim Systemführer RAILplus unter dem folgenden Pfad abgelegt:

<https://railplus.sharepoint.com/sites/InteraktionFahrzeug-Fahrweg/Shared%20Documents/Forms/AllItems.aspx?FolderCTID=0x012000E579436C4144B74FB775C832ABCC94DE&viewid=07fc87d4%2D824a%2D4513%2Dbd18%2Da663b0a80851&id=%2Fsites%2FInteraktionFahrzeug%2DFahrweg%2FShared%20Documents%2FTechnical%20Board%2FProjekt%202%20SKK%5FSKS%2F11%5FZulassungen%2FMGB%20B> (https://railplus.sharepoint.com/sites/InteraktionFahrzeug-Fahrweg/Shared%20Documents/Forms/AllItems.aspx?FolderCTID=0x012000E579436C4144B74FB775C832ABCC94DE&viewid=07fc87d4%2D824a%2D4513%2Dbd18%2Da663b0a80851&id=%2Fsites%2FInteraktionFahrzeug%2DFahrweg%2FShared%20Documents%2FTechnical%20Board%2FProjekt%202%20SKK%5FSKS%2F11%5FZulassungen%2FMGB)

68

Frage 427

Sind die Fahrzeuge mit SKK (on-board) ausgerüstet?

- ja
 nein

69

Frage 428

Was ist der Grund bei Ihnen für die Anwendung von SKK:

- Rad und Schienenverschleiss?
 Kurvenkreischen?
 Schlupfwellen?

Sonstiges

Frage 429

70

Sind alle Fahrzeuge mit SKK ausgerüstet?

Wenn nein, Prozentsatz und Kriterien für diese Auswahl angeben.

- ja

-

Sonstiges

71

Frage 430

Welcher Anlagentyp ist im Fahrzeug installiert (REBS, Delimon, usw.)?

- Systemarchitektur
- Elemente und Komponenten
- Anzahl der Pumpen pro Radsatz
- Fördermenge je Pumpenhub

Frage 431

⁷²
Eingesetztes Konditioniermittel (Fabrikat, Hersteller)?

Frage 433

⁷⁴
Beschreiben Sie falls bekannt, die Bestellunterlagen des Konditioniermittels (Spezifikation, Normen, gemäss Typenblatt des Herstellers, andere)

73

Frage 432

Welcher Anlagentyp ist im Gleis installiert (warum und allenfalls hot-spots charakterisieren)?

75

Frage 434

Beschreiben Sie die Anordnung und Einstellung der Düsen für die Konditionierung.

Was ist die Begründung für die Anordnung der Düsen?

Wohin sprühen die Düsen (Wahl begründen)?

- Die Düsen sprühen auf die Schienenfahrflächen
- Die Düsen sprühen auf die Radlaufflächen)

Frage 435

76
Wie erfolgt die Einstellung der Düsen (mit Lehre oder anders)?

77

Frage 436

Wie erfolgt die Funktionsprüfung bei der Instandhaltung (Sprühtest, Beurteilungskriterium)?

Erfolgt die Konditionierung in beiden Fahrtrichtungen?

78

Frage 437

nein

79

Frage 438

Wie wird die Konditionierung gesteuert?

Kontinuierlich über die gesamte Strecke

Bogenabhängig

Abhängig vom Bogenradius

Sonstiges

80

Frage 439

Wie erfolgt die Einstellung der Konditionieranlage?

Fördermenge je Pumpenhub

Sprühzeit je Hub

Pausenzeit zwischen zwei Hüben

Fördermenge pro Sprühzyklus (ein Sprühzyklus besteht aus einem Hub und der Pausenzeit bis zum nächsten Hub)

Menge die je Zyklus in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit des sprühenden Fahrzeugs

Geben Sie für ihre Anwendung die Menge SKK pro km an und begründen Sie diese Wahl.

Frage 440

Für die Vergleichbarkeit der Einstellung der Anlagen und der Fördermenge pro Wegeinheit wird die Fördermenge je km Fahrstrecke als Indikator gewählt. (Hier als Beispiel für die Besprühung hinter bzw. vor einen Radsatz: Mit den eingestellten Grössen und drei aufeinander folgenden Zyklen ergibt sich eine SKK-Menge von 4909 mm³/km.)

82

Frage 441

Ist durch diese Wahl das Kurvenkreischen beseitigt?

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

Gar nicht

Vollständig

Ist durch diese Wahl der Verschleiss an Rädern reduziert worden?

83

| | | | | | | | | | |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Frage 442 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

kaum

hervorragend

84

Frage 443

Sind nach Einführung der Konditionierung dadurch bedingte Schädigungen an den Radlaufflächen vermehrt aufgetreten (Flachstellen, Schleuderspuren)?

85

Frage 444

Ist durch diese Wahl der Verschleiss an den Schienen reduziert worden?

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

kaum

hervorragend

Frage 445

Ist diese Wahl auch wirksam zur Minderung der Schlupfwellen an den bogeninneren Schienen?

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

kaum

hervorragend

87

Frage 446

Sind nach Einführung der Konditionierung dadurch bedingte Schädigungen an den Schienenfahrflächen vermehrt aufgetreten (Schleuderstellen oder andere)?

Wie sind die Rückmeldungen des Fahrpersonals. Gibt es dabei einen Zusammenhang mit den Witterungsverhältnissen (erhöhte Luftfeuchtigkeit, Regen)?

Frage 447

89

Frage 448

Gibt es Stellen wo aus Traktionsgründen oder aus den Gesichtspunkten der Sicherheit nicht konditioniert wird?

Gibt es Bereiche, wo aus Gründen Umweltschutz nicht konditioniert werden darf
und gibt es dazu Untersuchungen (Grundwasserschutzzonen, usw.)?

Frage 449

Sind Untersuchungen zur Beeinflussung der Signalanlagen durchgeführt worden
(gibt es dazu einen Bericht)? Sind bisher diesbezüglich Störungen festgestellt
worden?

Frage 451

91

Frage 450

Wie wird die Konditionierung ausgelöst bzw. unterbrochen:

- mittels RFID-Tags im Gleis (Start/Stop)
- im fahrzeugabhängigen Modus
- im RFID TAG abhängigen Modus
- mit GPS
- durch den Lokführer ("von Hand")?

93

Frage 452

Wurden die Fördermengen der SKK-Anlagen anhand von Brems- und
Traktionsversuchen ermittelt, validiert, optimiert (wenn ja gibt es dazu Berichte)?

Wurde die Zulassung durch das BAV erteilt?

94

Frage 453

nein

95

Frage 454

Wurde vor der Einführung der Konditionierung eine Betriebserprobung durchgeführt?

ja

nein

96

Frage 455

Erfolgte die Einführung der Konditionierung basierend auf der D RTE 49100 (Risikoanalyse)?

ja

nein

5. Umfrage Teil Projekt P3 Grundlagen Rad/Schiene

5.1 Geometrische Interaktion

97

Frage 501

Gibt es Kreuzungsweichen in Bögen in welchen bei Ihrer Bahn mit kleineren Rad-durchmessern Entgleisungen aufgetreten sind?

ja

nein

98

Frage 502

Treten im Bereich von Herzstücken von Weichen Ausbrüche an den Fahrflächen auf (Flügelschiene, Herzstückspitze)?

ja

nein

Frage 503

Erfordernisse zur nominellen Spurerweiterung aufgrund der bogenabhängigen Stellungsbilder der Fahrzeuge?

100

Frage 504

Ursachen und Gegenmassnahmen zu Verengungen der Spurweite auf geraden Strecken?

101

Frage 505

Vorhandene Messtechnik für die Erfassung von Rad- und Schienenprofilen?

102

Frage 506

Welche Rad- und Schienenprofile sind derzeit im Einsatz und auf welchen Erfahrungen basiert diese Wahl?

Welche Vorgaben zu den Rad- und Schienenprofilen liegen den Spezifikationen für die Beschaffung neuer Fahrzeuge zugrunde?

Frage 507

104

Frage 508

Wird bei Ihrer Bahn instabiles Verhalten der Fahrzeuge bei höheren Fahrgeschwindigkeiten festgestellt und wie äussert sich das und wodurch wird es verursacht?

Kommen bei Ihrer Bahn fahrzeugspezifisch unterschiedliche Radprofile zur Anwendung (wenn ja was sind die Gründe dafür?)

Frage 509

106

Frage 510

Wurden bei Ihrer Bahn aufgrund von Problemen der Interaktion berührungsgeometrische Untersuchungen durchgeführt. Wenn ja, welches waren die Ergebnisse und waren diese für Sie hilfreich?

107

Frage 511

Sind bei ihrer Bahn aufgrund von Verschleiß und Schädigungen an Rädern schon kontaktmechanische Untersuchungen durchgeführt worden. Wenn ja, welches waren die Ergebnisse und waren diese für sie hilfreich?

108

Frage 512

Verwenden Sie einen oder mehrere Schadenskataloge für Räder? Wenn ja, ist diesein öffentlich zugängliches Dokument oder sind darin eigene Erfahrungen festgehalten?

109

Frage 513

Verwenden Sie einen oder mehrere Schadenskataloge für Schienen? Wenn ja ist dies ein öffentlich zugängliches Dokument oder sind darin eigene Erfahrungen festgehalten?

110

Frage 514

Besteht ein Ungleichgewicht zwischen Spurkranz- und Fahrflächenverschleiss beiden Rädern einer ganzen Flotte? Trend Abnahme der Spurkranzdicke?

111

Frage 515

Wird bei den Radprofilen vermehrt ein Hohllauf festgestellt und welche Grenzwerte wenden Sie für diesen an (Begründung für den Grenzwert)?

Wurde ein hoher Fahrflächenverschleiss bei den bogeninneren Schienen festgestellt?

Frage 516

113

Frage 517

Wurde ein hoher Verschleiss der Schienenflanke an den bogenäusseren Schienen festgestellt?

Wurden Verschleissformen des Schienenkopfes auf der geraden Strecke (zum Beispiel Reduktion des Fahrkantenradius $R=13\text{mm}$) festgestellt?

Frage 518

115

Frage 519

Welches sind die Grössenordnungen des Unterschiedes beim Verschleiss von Triebrädern gegenüber Laufrädern?

Gibt es Gleitspuren von blockierten Rädern auf den Schienenfahrflächen?

116

Frage 520

nein

117

Frage 521

Gibt es Schleuderstellen auf Schienenfahrflächen?

ja

nein

118

Frage 522

Gibt es Flachstellen durch blockierte Räder?

ja

nein

Entstehen thermische Risse vor allem durch Einwirkung von Klotzbremsen auf die Räder?

Frage 523

- ja
 nein

120

Frage 524

Entstehen Rillen und Mulden an den Fahrflächen der Räder durch Interaktion mit Klotzbremsen?

- ja
 nein

121

Frage 525

Wurde ungünstig beeinträchtigter Fahrkomfort festgestellt und was waren seine Ursachen?

Existiert eine Zusammenstellung von Entgleisungen, welche durch das **mechanische** Zusammenwirken von Rad und Schiene bedingt waren?

Frage 526

- ja
 nein

123

Frage 527

Existiert eine Zusammenstellung von Entgleisungen, welche durch das **lauftechnische** Zusammenwirken von Rad und Schiene bedingt waren?

- ja
 nein

124

Frage 528

Werden in den Beschaffungsspezifikationen lauftechnische Auslegungs- und Nachweisrechnungen gefordert. Wenn Ja, können diese Spezifikationen zur Verfügung gestellt werden?

125

Frage 529

Stehen die Fahrzeugparameter für die Durchführung von lauftechnischen Berechnungen zur Verfügung?

126

Frage 530

Wenn Ja, können diese Parameter durch den Fahrzeughersteller zur Verfügung gestellt werden?

versuchstechnischen Nachweisen des lauftechnischen Verhaltens durch Versuche auf der Strecke?

ja

nein

127

[Frage 531](#)

Verfügen Sie über Lastenhefte/Pflichtenhefte zur Durchführung von

Betriebserprobungen zum Nachweis der Nachhaltigkeit im Betriebseinsatz?

ja

nein

128

[Frage 532](#)

Verfügen Sie über Lastenhefte/Pflichtenhefte zur Durchführung von

6. Umfrage Teil Projekt P4 Fahrbahnsteifigkeit

6.1. Fahrbahnparameter allgemein

129

Frage 601

Geht es Ihnen noch gut oder brauchen Sie eine Pause??

130

Frage 602

Wie ist die Entwicklung der Gleisbelastung über die letzten 20 Jahre nach typischen stark belasteten Streckenabschnitten? (Bsp. RhB Chur - Arosa, Bernina, ...)

131

Frage 603

Wird die Trassierung mit der Software Toporail berechnet, wenn nein welche?

132

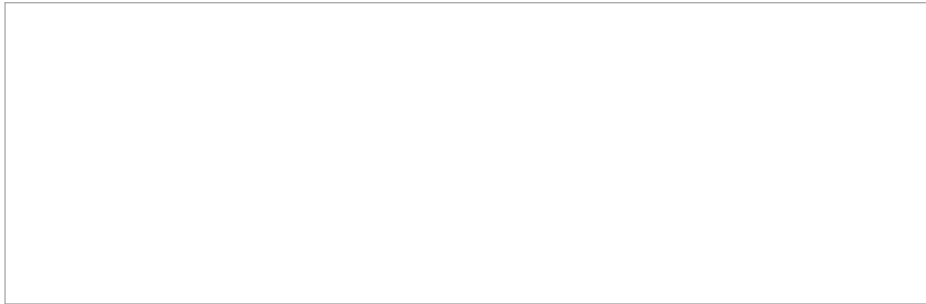
Frage 604

Nach welchen Vorgaben wird bei Trambahnen trassiert?

133

Frage 605


Welche Schienenprofile werden verwendet?



134

Frage 606

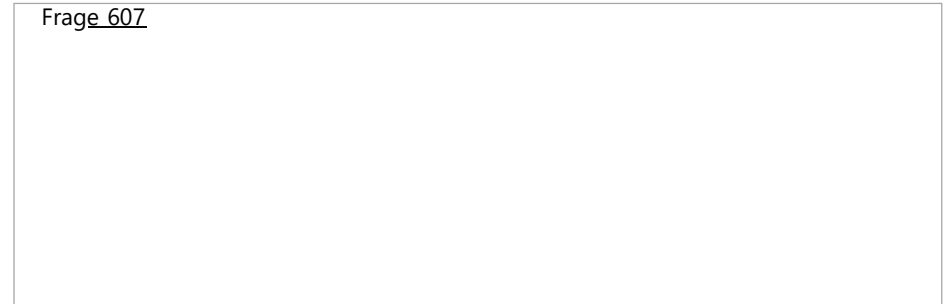
Gibt es eine Begründung für die Wahl von unterschiedlichen Schienenprofilen?



Bis zu welchem Radius werden die Schienen lückenlos verschweisst?

135

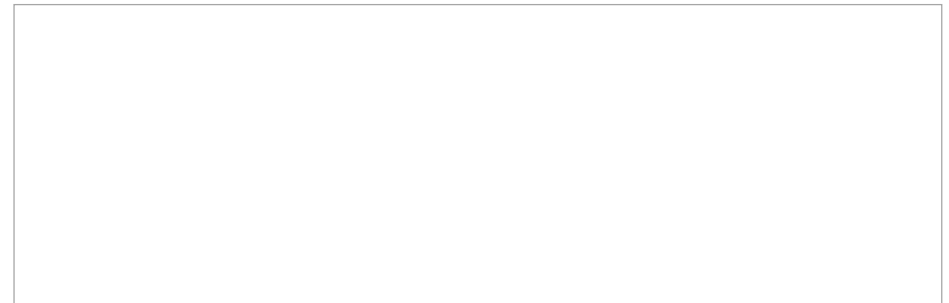
Frage 607



136

Frage 608

Welche Schienenstahlgüten werden verwendet?



Werden unterschiedliche Stahlgüten trassierungsabhängig verwendet? Wenn ja, nach welchem Grundsatz?

Frage 609

138

Frage 610

Welche Schienenzwischenlagen werden verwendet? (Hart > 500 kN/mm; Weich <200 kN/mm)?

Was ist die Begründung für die Wahl der Schienenzwischenlagen?

139

Frage 611

140

Frage 612

Werden bei den Schienenzwischenlagen Schädigungen festgestellt? Wenn ja, wie äussern sich diese?

Werden die Schienenzwischenlagen regelmässig gewechselt? Wenn ja, warum?

141

Frage 613

Was ist die Einsatzstrategie für die unterschiedlichen Schwellentypen?

143

Frage 615

142

Frage 614

Welche Schwellentypen werden verwendet?

144

Frage 616

Welche Schwellenbesohlungen werden verwendet? (Hersteller)?

Welche Schwellenbesohlungen werden verwendet? (Steifigkeit)?

145

Frage 617

Gibt es Strecken mit Zahnstangenantrieb? Wenn ja, welches Zahnstangensystem wird verwendet?

Frage 619

146

Frage 618

Was ist die Einsatzstrategie für die Verwendung von Schwellenbesohlung?

148

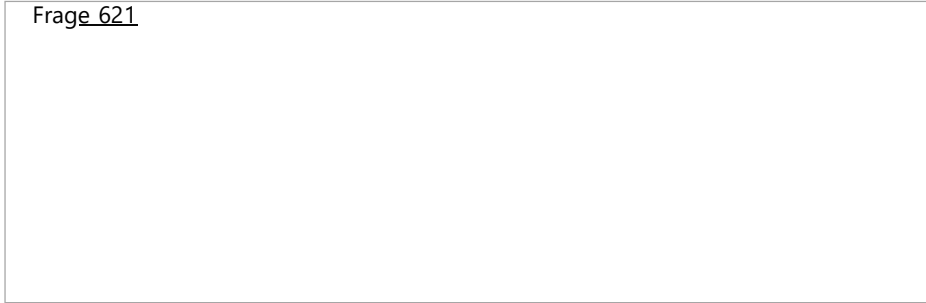
Frage 620

Welcher Schwellentyp wird im Zahnstangenbereich verwendet?

Wird die Zahnstange lückenlos verschweisst?

149

Frage 621



Sind in den Rillenschienenabschnitten angepasste Radprofile erforderlich? Wenn ja, welche? (Zeichnung)?

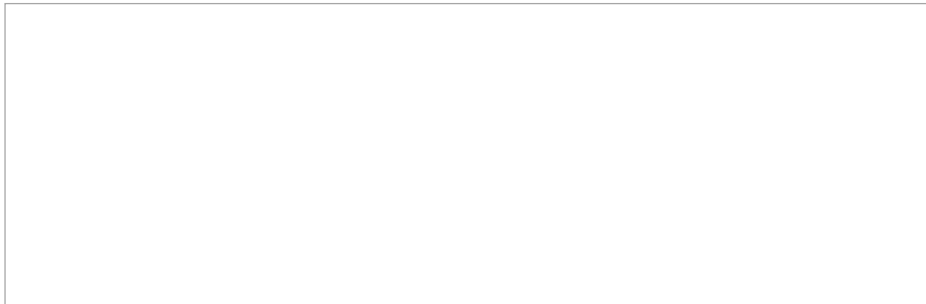
Frage 623



150

Frage 622

Gibt es Rillenschienenabschnitte? Wenn ja, welches Profil?



152

Frage 624

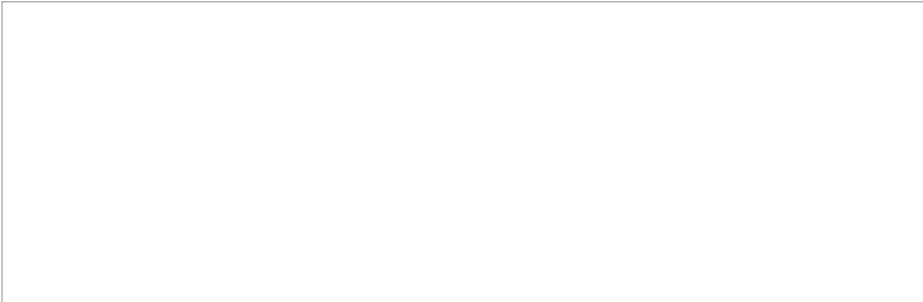
Ist ein Unterbau vorhanden? Wenn ja, welcher Typ? Auf wieviel Prozent pro Strecke?



153

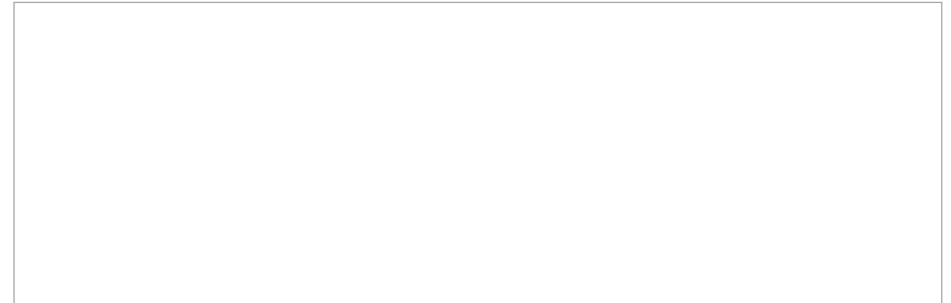
Frage 625

Gibt es eine Entwässerung? Wenn ja, wieviel Prozent pro Strecke?



Frage 626

Gibt es Auffälligkeiten beim Unterbau? (Schlammaufstösse, Weisse Stellen, Katzenschwanz)



155

Frage 627

Was ist der durchschnittliche Zyklus bei Stopfarbeiten?

156

Frage 628

Werden die Schienen geschliffen oder gefräst oder gar nicht bearbeitet?

Was ist der Auslöser für Schleif- oder Fräsarbeiten?

157

Frage 629

158

Frage 630

Mit welchen Mitteln wird die Gleislage überwacht?

Wie häufig wird die Gleislage überwacht?

159

Frage 631

160

Frage 632

Welche Gleislageparameter werden überwacht?

Gibt es Besonderheiten, die von Streckenläufern festgestellt werden? Wenn ja, welche?

Frage 633

162

Frage 634

Treten Schädigungen an Komponenten (Schienen, Schwellen, Schienenbefestigungen) auf? Wenn ja, welche Schädigungen an welchen Komponenten?

Was wurde zur Reduktion der Schädigungen unternommen? (mit Erfolg / ohne Erfolg)

Frage 635

164

Frage 636

Gibt es Probleme mit Lärm?

- ja
- nein

Was wurde zur Reduktion des Lärms unternommen? (mit Erfolg / ohne Erfolg)

165

Frage 637

166

Frage 638

Gibt es Probleme mit Erschütterungen?

- ja
- nein

Was wurde zur Reduktion der Erschütterungen unternommen? (mit Erfolg / ohne Erfolg)

Frage 639

168

Frage 640

Wurden beim Einsatz von neuem Rollmaterial vermehrt Schädigungen auf die Fahrbahn festgestellt? Wenn ja, welche?

2/3/2022

167

 Microsoft Forms

Frage 639

Systemführerschaft

Interaktion Fahrzeug/Fahrweg

Meterspur

Teil 2

Umfrage Teil Projekt P5 Fahrzeuge

* Erforderlich

7.1 Fahrzeug allgemein - Verständnis des Systems Fahrzeuge/Fahrwerke

1. Für welche Bahn arbeiten Sie?

*

2. Frage 701

Kommen in Abhängigkeit der Trassierungsgegebenheiten (Bogenradien) unterschiedliche Fahrzeuge bzw. Fahrwerke zum Einsatz?

ja

nein

3. Frage 701a)

Wie sieht deren Anforderungsprofil aus?

4. Frage 702

Wie hoch ist die maximale Fahrgeschwindigkeit auf geraden Strecken?

5. Frage 703

Soll die maximale Fahrgeschwindigkeit zukünftig erhöht werden?
(Es wird davon ausgegangen, dass dadurch die maximale Querschleunigung auf Gleisebene nicht tangiert ist.)

- ja
 nein

6. Frage 703a)

Mit welchen Fahrzeugen soll dies realisiert werden?

- Bestehende Fahrzeuge
 Neue Fahrzeuge

7. Frage 703b)

Wie werden derartige Änderungen gemäss RTE 49100 gehandhabt?

8. Frage 704

Treten schon heute bei den Maximalgeschwindigkeiten bzw. im oberen Geschwindigkeitsbereich besondere Erscheinungen beim Fahrzeugverhalten auf?

- ja
 nein

9. Frage

704a)

Welche?

Zum Beispiel komfortbeeinträchtigende Schwingungen, Angstzustände der Passagiere und Bahnpersonal, die Lokführer fahren in diesen Bereichen aus Erfahrung langsamer als nach Fahrordnung zugelassen

10. Frage 705

Welche Werte für die unausgeglichene Querschleunigung auf Gleisebene werden bei Ihrer Bahn in den Bögen angewendet?

Sind diese abhängig vom Bogenradius bzw. von der Bogenradienklasse?

Grenzwerte nach AB-EBV:

Grenzwert im Normalfall: 86 mm ($a_q = 0,8 \text{ m/s}^2$)

Maximaler Grenzwert: 107 mm ($a_q = 1,0 \text{ m/s}^2$)

11. Frage 706

Treten in gewissen Bögen starke Fahrzeugreaktionen auf?
(komfortbeeinträchtigend wie zum Beispiel seitliche Stösse, Schläge, ...)

- ja
 nein

12. Frage 706a)

Welche und gibt es dazu eine Erklärung?

13. Frage 707

Verkehren auf ihrem Netz vor allem Triebzüge für den Personenverkehr?
(Siehe auch Beschreibung Fahrzeuge auf verschiedenen Einsatzstrecken im Projekt P2.)

- ja
 nein

14. Frage 707a)

Bezeichnung zum Beispiel Achsanordnung Bo'2' + 2'2' + 2'Bo'

15. Frage 708

Welches sind die Anforderungen an die Traktion?

- Z-V-Diagramm
 geforderte Anfahrbeschleunigung in der Ebene [m/s²]
 geforderte Anfahrbeschleunigung auf maximaler Steigung [m/s²]

16. Frage 709

Welches sind die Anforderungen an das Antriebskonzept?

- eine Antriebseinheit pro Radsatz
 eine Antriebseinheit pro Drehgestell
 eine Antriebseinheit pro Wageneinheit

Sonstiges

17. Frage 709a)

Wäre das die generelle Anforderung für die Zukunft (mit Begründung)?

18. Frage 710

Welches sind die Anforderungen an die Bremse?

- B-V-Diagramm
 - geforderte Bremsleistung (Bremsleistung)
 -
- Sonstiges

19. Frage 711

Woraus besteht die mechanische Bremse?

- Wellenscheibenbremsen (bei allen Radsätzen)
 - Radscheibenbremsen (bei allen Radsätzen)
 - Wellenscheibenbremsen bei einigen Radsätzen, andere mit Klotzbremse
 - Radscheibenbremse bei einigen Radsätzen, andere mit Klotzbremse
 - Reine Klotzbremse bei allen Radsätzen
 -
- Sonstiges

20. Frage 711a)

Warum wurde diese mechanische Bremse gewählt?

21. Frage 712

Falls Klotzbremsen vorhanden sind, welche Art von Bremsklötzen kommen zur Anwendung?

- Graugusssohlen
- Verbundstoffsohlen
- Sintersohlen

22. Frage 713

Welche Art der Bremsung kommt bei Gefällefahrten zur Anwendung?

- Ausschließlich dynamische Bremse (E-Bremse)
- Ausschließlich Klotz- bzw. Scheibenbremse
- Gemisch dynamische und mechanische Bremse

23. Frage 714

Wie wird die Bremskraft bei modernen Triebzügen aufgebracht?

- blending
- gemischt (Beschreibung)

24. Frage 714a)

Beschreiben Sie, wie die Bremskraft aufgebracht wird.

25. Frage 715a)

Wie ist bei ungünstigen Adhäsionsverhältnissen die Instruktion für das Lokpersonal bei der Bedienung der Bremse für eine Stoppbremung (bei Signalen, Haltestellen) ?

- Dynamisch
 - Mechanisch
 - Konditionierung der Räder/Bremsen
 - Sanden
 -
- Sonstiges

26. Frage 715b)

Wie ist bei ungünstigen Adhäsionsverhältnissen die Instruktion für das Lokpersonal bei der Bedienung der Bremse für eine Geschwindigkeitsreduktion auf freier Strecke?

- Dynamisch
 - Mechanisch
 - Konditionierung der Räder/Bremsen
 - Sanden
 -
- Sonstiges

27. Frage 716

Gibt es besondere Feststellungen hinsichtlich der Wintertauglichkeit der Fahrwerke?

- ja
- nein

28. Frage 716a)

Gibt es Vorgaben in den Lastenheften hinsichtlich der Gestaltung der Fahrwerke zur Vermeidung der funktionsbeeinträchtigenden Ansammlungen von Eis und Schnee (Schneeansammlungen zwischen Bremsbelag und Rad, bzw. Brems Scheibe)?

- ja
- nein

29. Frage 717

Wie ist die Anbindung der Fahrwerke an den Fahrzeugkasten zur Übertragung der Längs- und Querkräfte realisiert?

Drehzapfen

Lemniskate

Drehkranz

Stangen

Sonstiges

30. Frage 718

Wie ist die Sekundärabfederung realisiert?

Luftfeder

Flexicoilfeder

Sonstiges

31. Frage 719

Wie sind die Radsätze an den Fahrwerksrahmen angebunden (bei Triebradsätzen, bei Laufradsätzen)?

32. Frage 720

Können sich die Radsätze im Bogen radial einstellen (starr geführt vs. weich geführt, ...)?

ja

nein

33. Frage 720a)

Beschreiben Sie das angewandte Prinzip

34. Frage 721

Wie sind die Fahrmotoren abgestützt?

Vollständig am DG-Rahmen

Partiiell am Drehgestellrahmen (Tatzlager)

35. Frage 722

Wie erfolgt die Übertragung der Traktionskräfte auf den Radsatz?

Hohlwelle

Sonstiges

36. Frage 723

Zahnradbahn: Wie flexibel ist die Kopplung zwischen Triebzahnrad und Radsatz?

Gekoppelt

Entkoppelt

Nicht zutreffend

Sonstiges

37. Frage 724

Zahnradbahnen: Wie flexibel ist die Kopplung zwischen Bremszahnrad und Radsatz?

Gekoppelt

Entkoppelt

Nicht zutreffend

Sonstiges

7.2 1.1. Radwerkstoffe und Angaben zu Verschleiß und Schäden an den Fahrflächen der Räder

38. Frage 725

Verfügen Sie über Zeichnungen der Räder?

Ja, Zeichnung des Herstellers

Ja, eigene Zeichnungen

Nein

39. Frage 726

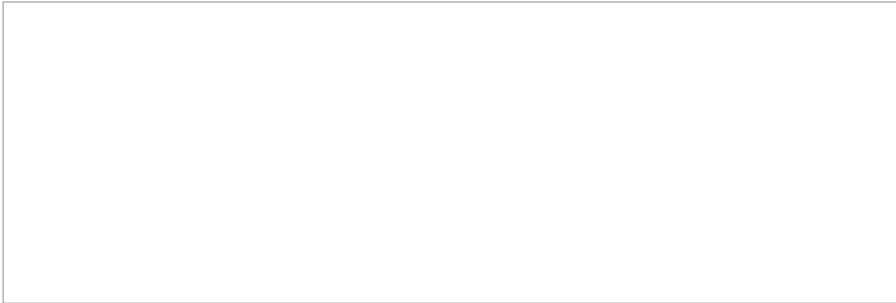
Welche Radwerkstoffe kommen bei den **Triebrädern** zum Einsatz?

Angabe des Radwerkstoffes und allenfalls Begründung der Wahl.

40. Frage 727

Welche Radwerkstoffe kommen bei den **Laufrädern** zum Einsatz?

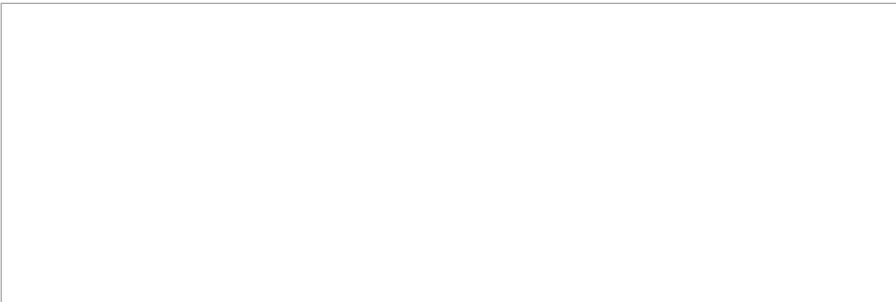
Angabe des Radwerkstoffes und allenfalls Begründung der Wahl



41. Frage 728

Wie groß ist der Verschleiss an der Radlaufläche der **Triebräder**?

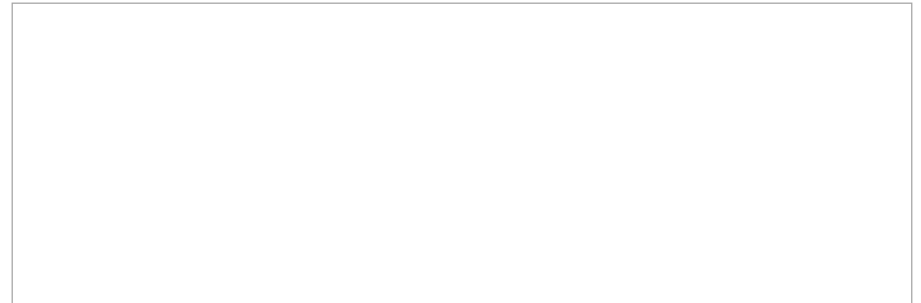
Angabe Anzahl Kilometer pro mm Durchmesserreduktion (ohne Reprofilierungsabtrag)



42. Frage 729

Wie groß ist der Verschleiß an der Radlaufläche **Laufräder**?

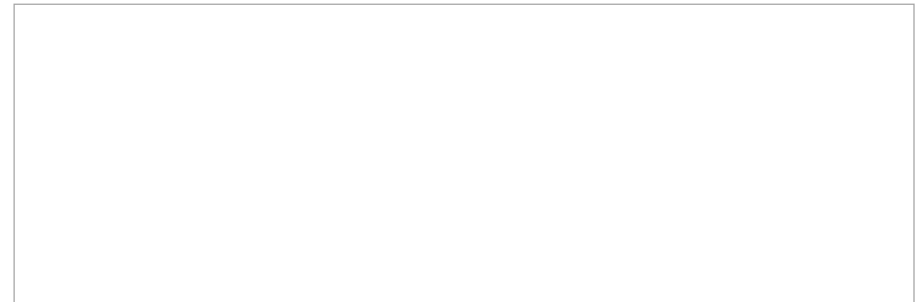
Angabe Anzahl Kilometer pro mm Durchmesserreduktion (ohne Reprofilierungsabtrag)



43. Frage 730

Durchschnittliche Lebensdauer der **Triebräder**?

Angabe in Kilometer



44. Frage 731

Durchschnittliche Lebensdauer der **Laufräder**?

Angabe in Kilometer

45. Frage 732

Treten Schäden an den Radlaufflächen der **Triebräder** auf?

Risse, Ausbröckelungen, Materialausbrüche

46. Frage 733

Treten Schäden an den Radlaufflächen der **Laufräder** auf?

Risse, Ausbröckelungen, Materialausbrüche

47. Frage 734

Tritt **Laufflächenverschleiss** vor allem beim Einsatz auf Strecken auf, welche über eine grössere Anzahl von kleinen Bogenhalbmessern aufweisen?

(Verweis auf Bogenverteilung (siehe auch Fragebogen P2 und P3))

- Ja
- Nein
- Ich weiss es nicht

48. Frage 735

Treten **Schäden an den Radlaufflächen** vor allem beim Einsatz auf Strecken auf, welche über eine grössere Anzahl von kleinen Bogenhalbmessern aufweisen?

(Verweis auf Bogenverteilung (siehe auch Fragebogen P2 und P3))

- Ja
- Nein
- Ich weiss es nicht

49. Frage 736

Treten Schäden oder erhöhter Verschleiss vor allem bei hohen Radsatzlasten auf?

- Ja
- Nein
- Ich weiss es nicht

50. Frage 736a

Angabe Radsatzlasten beladen

51. Frage 737

Treten Schäden oder erhöhter Verschleiss vor allem bei Fahrzeugen mit erhöhten Traktionskräften/Bremskräften auf

- Ja
- Nein
- Ich weiss es nicht

52. Frage 737a)

Angabe der Traktionskräfte für die Beharrungsfahrt
(Verweis auf ein Dokument, welches die erfragte Grössenordnung enthält. Angabe Steigung, Gewicht des Triebzuges oder lokbespannten Zuges und Anzahl Radsätze, welche die Traktionskräfte aufbringen)

7.3 Angaben zu den Charakteristiken der Fahrwerke/Fahrzeuge

Verfügen Sie bei den Fahrzeugen über die folgenden Angaben?

Wenn Werte verfügbar sind, dann bitte eintragen, sonst mit nicht bekannt ankreuzen.

53. Frage 738

Radstand Laufdrehgestelle [m]

Nicht bekannt

Sonstiges

54. Frage 739

Radstand Triebdrehgestelle [m]

Nicht bekannt

Sonstiges

55. Frage 740

Drehzapfenabstand 4-achsiges Fahrzeug [m]

Nicht bekannt

Sonstiges

56. Frage 741

Drehzapfenabstand Jakobsdrehgestell [m]

Nicht bekannt

Sonstiges

57. Frage 742

Drehzapfenabstand bei aufgesattelten Fahrzeugen [m]

Nicht bekannt

Sonstiges

58. Frage 743

Raddurchmesser Triebradsätze [m]

Nicht bekannt

Sonstiges

59. Frage 744

Raddurchmesser Laufradsätze [m]

Nicht bekannt

Sonstiges

Radlasten

60. Frage 745

Radlast Tara Triebdrehgestell [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

61. Frage 746

Radlast Tara Laufdrehgestell [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

62. Frage 747

Radlast Brutto Triebdrehgestell (AB-EBV) [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

63. Frage 748

Radlast Brutto Laufdrehgestell (AB-EBV) [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

Massen nicht motorisierte Fahrzeuge

64. Frage 749

Wagenkasten [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

65. Frage 750

Beladung (AB-EBV) [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

66. Frage 751

Fahrwerk

[kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

67. Frage 752

Fahrwerk-Masse sekundärgefedert [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

68. Frage 753

Fahrwerk-Masse primärgefedert [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

69. Frage 754

Masse ungefedert / Radsatz [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

Steifigkeiten nicht motorisierte Fahrzeuge (vertikal)

70. Frage 755

Sekundär / Fahrwerk [N/m]

Nicht bekannt

Sonstiges

71. Frage 756

Primär / Rad [N/m]

Nicht bekannt

Sonstiges

Steifigkeiten nicht motorisierte Fahrzeuge (horizontal)

72. Frage 757

Ausdrehsteifigkeit des Radsatzes gegenüber Fahrwerkrahmen (Radsatzführung) [Nm/rad]

Nicht bekannt

Sonstiges

73. Frage 758

Ausdrehsteifigkeit des Fahrwerkrahmens gegenüber (Wagenkasten) [Nm/rad]

Nicht bekannt

Sonstiges

Dämpfung nicht motorisierte Fahrzeuge (vertikal)

74. Frage 759

Sekundär / Fahrwerk [Ns/m]

Nicht bekannt

Sonstiges

75. Frage 760

Primär / Rad [Ns/m]

Nicht bekannt

Sonstiges

Dämpfung nicht motorisierte Fahrzeuge (lateral)

76. Frage 761

Sekundär / Fahrwerk [Ns/m]

Nicht bekannt

Sonstiges

77. Frage 762

Primär / Rad [Ns/m]

Nicht bekannt

Sonstiges

Massen motorisierte Fahrzeuge

78. Frage 763

Wagenkasten [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

79. Frage 764

Beladung (AB-EBV) [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

80. Frage 765

Fahrwerk

[kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

81. Frage 766

Fahrwerk-Masse sekundärgefedert [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

82. Frage 767

Fahrwerk-Masse primärgefedert [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

83. Frage 768

Masse ungefedert / Radsatz [kg]

Nicht bekannt

Sonstiges

Steifigkeiten motorisierte Fahrzeuge (vertikal)

84. Frage 769

Sekundär / Fahrwerk [N/m]

Nicht bekannt

Sonstiges

85. Frage 770

Primär / Rad [N/m]

Nicht bekannt

Sonstiges

Steifigkeiten motorisierte Fahrzeuge (horizontal)

86. Frage 771

Ausdrehsteifigkeit des Radsatzes gegenüber Fahrwerkrahmen (Radsatzführung) [Nm/rad]

Nicht bekannt

Sonstiges

87. Frage 772

Ausdrehsteifigkeit des Fahrwerkrahmens gegenüber (Wagenkasten) [Nm/rad]

Nicht bekannt

Sonstiges

Dämpfung motorisierte Fahrzeuge (vertikal)

88. Frage 773

Sekundär / Fahrwerk [Ns/m]

Nicht bekannt

Sonstiges

89. Frage 774

Primär / Rad [Ns/m]

Nicht bekannt

Sonstiges

90. Frage 775

Sekundär / Fahrwerk [Ns/m]

Nicht bekannt

Sonstiges

91. Frage 776

Primär / Rad [Ns/m]

Nicht bekannt

Sonstiges

Festigkeitsberechnungen

92. Frage 777

Fahrwerksrahme

n

Berichte zu Lastannahmen und Ergebnissen liegen vor.

Ja

Nein

93. Frage 778

Radsätze (Wellen, Räder)

Berichte zu Lastannahmen und Ergebnissen liegen vor.

Ja

Nein

94. Frage

779

Weitere

Aufzählung und Angabe zu entsprechenden Berichten

95. Frage 780

Entgleisungssicherheit (Verwindungsentgleisung)

Berichte und Ergebnisse liegen vor.

Ja

Nein

96. Frage 781

Entgleisungssicherheit (Zahnradbetrieb)

Berichte und Ergebnisse liegen vor.

Ja

Nein

97. Frage 782

Lauftechnische Nachweisrechnungen

Berichte und Ergebnisse liegen vor.

Ja

Nein

98. Frage 783

Berechnungen zur Fahrzeugumgrenzung

Berichte und Ergebnisse liegen vor.

Ja

Nein

7.5 Versuche im Fahrwerksbereich (Interaktion Fahrzeug/Fahrweg)

Festigkeit

99. Frage 784

Festigkeitsversuche Drehgestell (statisch, Ermüdung)

Berichte und Ergebnisse liegen vor.

Ja

Nein

Entgleisungssicherheit

100. Frage 785

Berichte und Ergebnisse liegen vor.

Ja

Nein

101. Frage 785a)

Wenn vorhanden, Angabe der Methode nach EN 14363

Stationäre Versuche

102. Frage 786

Ausdrehmoment Kasten/Drehgestell

Berichte und Ergebnisse liegen vor.

Ja

Nein

103. Frage 787

Sonstige

Berichte und Ergebnisse liegen vor.

Ja

Nein

Streckenversuche

104. Frage 788

Fahrsicherheit (Angabe Verfahren)

Berichte und Ergebnisse liegen vor.

Ja

Nein

105. Frage 789

Schwingungsverhalten (Angabe Verfahren)

Berichte und Ergebnisse liegen vor.

Ja

Nein