



Ausserordentlicher Schienenverschleiss bei den Basler Verkehrsbetrieben

Prof. Dr.-Ing. Stefan Karch
Railway Design & Innovation AG

Walter Huber, Geomatiker
Basler Verkehrs-Betriebe

Dr.-Ing. André Theiler
Prose GmbH, Berlin

Dipl.-Ing. Marc Chrétien
Basler Verkehrs-Betriebe

Ausgangssituation

Erste Befunde und Massnahmen

Bereits im Frühjahr 2014 wurden durch die Infrastruktur-Abteilung der Basler Verkehrs-Betriebe (BVB) erste Stellen im Netz mit starkem Seitenverschleiss an der Fahrflanke des Schienenkopfs gefunden (siehe Abbildung unten links). Es handelte sich dabei jeweils um massiven Seitenverschleiss, der sowohl von der Entwicklungsgeschwindigkeit als auch vom Volumen her unerwartet gross war und ohne Eingriff ein Verschleissmass von deutlich mehr als 2 mm erreichte.

Es gab Meldungen für zunächst fünf Stellen im Netz [1], an denen das Phänomen auf jeweils einigen hundert Metern Länge auftrat:

- Eglisee, Radius 140 m,
- Pfaffenloh, Radius 84 m,
- Postkurve, Radius 25 m,
- Endhaltestellen Allschwil, Radius 12 m, und Pratteln, Radius 17 m.

Für diese Stellen wurden eine dauernde Beobachtung angeordnet sowie Profilaufzeichnungen vorgenommen. Parallel dazu sollten alle Fahrzeuge bezüglich Auffälligkeiten beim Radverschleiss überprüft werden.

Was besonders Sorge bereitete, war die hohe Entwicklungsgeschwindigkeit an den genannten Stellen. Eine Art „Flächenbrand“ konnte zu diesem Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden. Falls rechtzeitige Reparaturen nicht mehr ausführbar sind, kann eine solche Entwicklung auch zu Betriebseinschränkungen führen, wie zum Beispiel bei der S-Bahn Stuttgart im Jahr 1993 [2].

Im Jahr 2015 wurde ein internes Projekt mit dem Titel „Ausserordentlicher Schienenverschleiss“ aufgesetzt, das nach Vorarbeiten am 1. Oktober 2015 offiziell gestartet wurde. Kurz darauf übernahm der Hauptverfasser dieses Berichts die Projektleitung.

Spurenanalyse

Die Schadstellen wurden nach verschiedenen Kriterien katalogisiert. Zur Verteilung der Schadstellen im Netz konnten folgende Aussagen getroffen werden:

- Es gibt schadhafte Abschnitte mitten auf einer Linie, aber auch in Wendeschleifen mit sehr kleinen Radien.
- Der Seitenverschleiss tritt überwiegend an Vignolschienen auf, kaum an Rillenschienen.
- Die Schäden treten nicht nur in engen Bögen auf, sondern vor allen Dingen in Bögen mit grossen Radien und sogar in Geraden.
- Es gibt Fälle an fast neuen Anlagen, aber auch Altanlagen sind betroffen, die mehr als ein Jahrzehnt keine Symptome gezeigt hatten.
- Die auffälligen Stellen bleiben auf bestimmte Abschnitte im Netz begrenzt. Die zu Beginn befürchtete Ausbreitung ist letztlich ausgeblieben.
- Das Schadbild stellte sich kurz nach einer Reparatur wieder ein.

Gesetzliche Grundlagen

Die Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV) verweisen bezüglich Ausführung technischer Details auf die anerkannten Regeln der Technik. Dabei wird in AB 2.3 ausdrücklich auf das Regelwerk Technik Eisenbahn (RTE) hingewiesen.

Die dem Problem entsprechende RTE-Dokumentation ist das Handbuch RTE 22540 „Fahrbahnpraxis Meterspur und Spezialspur“ des Schweizerischen Verbands öffentlicher Verkehr (VÖV). Es schreibt vor, dass die Delle in der Fahrkante bei allen beschriebenen Schienenprofilen maximal 2 mm betragen darf. Hintergrund dieser Beschränkung ist die Absicht, ein Entgleisungsrisiko durch das mögliche Aufklettern des Spurkranzes innerhalb der Delle zu vermeiden.

Da die oben beschriebenen Schadbilder überwiegend an Schienenprofilen 49E1 aufgetreten waren, hat BVB Infrastruktur eine Ableitung der RTE-Darstellung vorgenommen und auf das Schienenprofil 49E1 sinngemäss übertragen (siehe Abbildung unten rechts).

Während des gesamten Schadverlaufs wurde durch BVB Infrastruktur sichergestellt, dass diese Regeln und damit die Fahrsicherheit



stets eingehalten wurden. Dies bedeutete für die Instandhaltungsteams erhebliche organisatorische und personelle Anstrengungen, die zudem in keinem Jahresplan oder Budget enthalten waren! Mögliche Reparaturmethoden sind

- das Abstechen der durch den Seitenverschleiss entstandenen Stufe,
- das Aufschweissen der Fahrkante oder

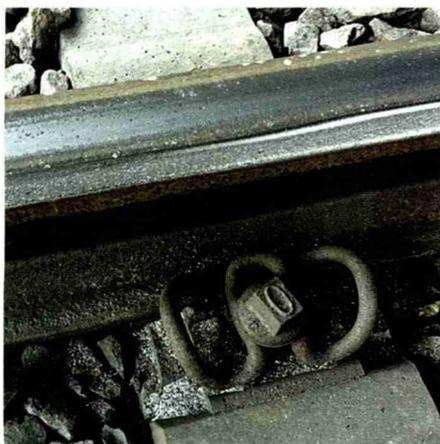
- der Austausch der Schienen.

Je nach Schadverlauf mussten diese Massnahmen in einem Abschnitt auch wiederholt angewandt werden.

Ursachensuche

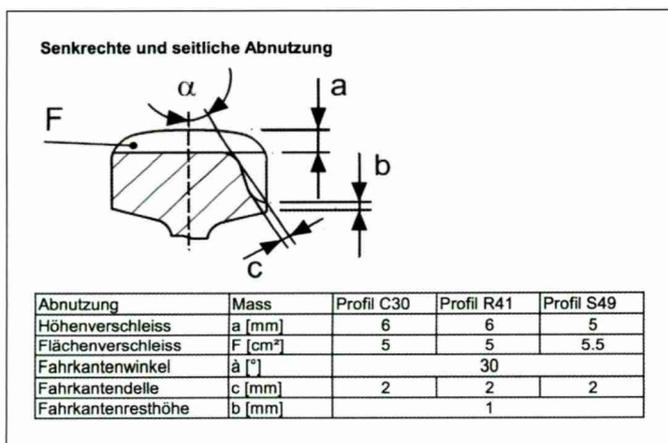
Fahrzeuge

Da die BVB derzeit ihre Flotte von älteren Hochflurfahrzeugen beziehungsweise Um-



Links: Schadbild „ausserordentlicher Seitenverschleiss“ (Foto: W. Huber).

Rechts: Zulässige Abnutzung nach RTE 22540, Übertragung auf Schienenprofil 549 (Zeichnung: W. Huber).





baufahrzeugen auf moderne Niederflurtrams umstellen, bietet sie ein recht heterogenes Bild. Mit weiterer Anlieferung von Fahrzeugen des Typs Flexity wurden und werden die Altfahrzeuge der Typen Düwag, Be 4/6 S und Be 4/4 inklusive Beiwagen sukzessive ausgemustert, so dass die Umstellung 2024 abgeschlossen sein wird. Für die im vorliegenden Bericht beschriebenen Phänomene spielten die Fahrzeuge des Typs Flexity aber keine Rolle. Das Problem des Schienenseitenverschleisses wurde bereits vor der Auslieferung der Flexity-Fahrzeuge entdeckt.

Während der überwiegende Teil der Fahrzeuge über die klassische Fahrwerksanordnung mit Radsätzen verfügt, sind der Niederflurteil des Umbaufahrzeugs Be 4/6 S (siehe Abbildung oben) und das Niederflurtram Combino mit Einzelrädern ausgerüstet.

Um dem Verdacht nachzugehen, dass ein bestimmter Fahrzeugtyp den Schienenverschleiss ausgelöst haben könnte, wurde die Kombination zwischen Fahrzeugeinsatz und Verteilung der Schadstellen im Netz überprüft. Dabei stellte sich aber keine nachvollziehbare Zuordnung heraus, so dass auch keinem Fahrzeugtyp eindeutig eine Schädigungsfunktion zugewiesen werden konnte.

Im Falle eines erhöhten Schienenverschleisses stellt sich auch die Frage nach dem Zustand der Fahrzeuge, die die betreffenden Abschnitte befahren. Tritt bei ihnen ein entsprechender Radverschleiss auf, so ist die Lösung des Problems schnell klar: mangelndes Zusammenwirken von Fahrzeug und Fahrweg. Im Gegensatz zur Infrastruktur wurden aber von der BVB-Fahrzeugtechnik keine Klagen über einen übermässigen Radverschleiss geäussert. Es konnte sogar gezeigt werden, dass der Radverschleiss in den betreffenden Jahren nahezu konstant und das eingesetzte verschleissangepasste Radprofil formstabil geblieben ist. Gleichzeitig wurde überprüft, ob das vorgesehene Radprofil (siehe Abbildung oben links) bei der Reprofilierung wirklich angewendet wird.

Zusätzlich wurde eine Reihe von Radprofilen verschiedener Fahrzeuge aufgenommen, die kurz vor ihrer Reprofilierung standen. Damit konnte nachgewiesen werden, dass das Soll-Radprofil auch heute noch gut mit dem sich am Rad entwickelnden Verschleissprofil übereinstimmt. Damit schieden die Fahrzeuge der BVB als Verursacher des Problems „Schienenverschleiss“ aus, und der kausale Zusammenhang musste an anderer Stelle gesucht werden.

Rad- und Schienenschmierung

Das Tramsystem der BVB verfügt über zwei verschiedene Schmiersysteme, ein fahrzeugseitig installiertes System zur Spurkranzschmierung sowie ein infrastrukturseitig angeordnetes System von zirka 50 stationären Schmieranlagen, sogenannten Schienenkopfbetzungsanlagen.

Alle Fahrzeuge für den Regelverkehr sind mit Spurkranzschmieranlagen ausgestattet, die dafür sorgen, dass Schmieröl an die Spurkranzflanke und den Spurkranzrücken gelangt (siehe Abbildung oben rechts). Das Fett wird in Impulsen, die nach einem festgelegten Programm ausgelöst werden, aufgespritzt. Das Programm basierte bisher auf zurückgelegten Wegstrecken und abgelaufenen Zeitintervallen sowie der Erkennung von Gleisbögen mit bestimmten Bogenradien. Künftig wird es eine ortsabhängige Ansteuerung geben, die bereits im Projekt „Ortsabhängige Spurkranzschmierung (SKS)“ erprobt wird.

Zweck der fahrzeugseitigen Spurkranzschmiersysteme sind

- die Minderung des Rad- und Schienenverschleisses,
- die Reduzierung der Geräuschentwicklung und
- die Verringerung des Entgleisungsrisikos.

Gerade die Bedeutung des letzten Punkts wurde durch einen Zwischenfall bei der S-Bahn Stuttgart im Jahre 1993 deutlich [2].

Völlig unabhängig von den fahrzeugseitigen Systemen gibt es sowohl bei Trambetrieben als auch im Vollbahnbereich stationäre Anlagen, die an besonders prekären Stellen des Streckennetzes angeordnet sind. Die Hauptfunktion dieser „Schienenkopfbetzungsanlagen“ ist das Aufbringen eines dünnen Schmierfilms auf die bogeninnere Schiene, um das Kurvenquietschen infolge Schlupfs zwischen Rad und Schiene zu reduzieren oder am besten ganz zu unterdrücken. Je nach Ausbaustand können die Schienenkopfflanke sowie der Radrücken zusätzlich geschmiert werden.

Zweck der stationären Schienenschmiersysteme ist in erster Linie

- die Reduzierung der Geräuschentwicklung durch Beseitigung des Kurvenquietschens und erst danach
- die Minderung des Rad- und Schienenverschleisses.

Aus diesem Grund hat der Grosse Rat des Kantons und der Stadt Basel im Jahr 2012 beschlossen, weitere 77 Schienenkopfbetz-

SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE

Schweizer Eisenbahn-Revue
6002 Luzern
041/ 429 70 90
www.minirex.ch

Medienart: Print
Medientyp: Fachpresse
Auflage: 10'400
Erscheinungsweise: monatlich



Seite: 284
Fläche: 327'143 mm²

BASEL ERFAHREN



Auftrag: 1094428
Themen-Nr.: 385.021

Referenz: 65481270
Ausschnitt Seite: 4/15

zungsanlagen im Netz der BVB zu installieren, um die Lärmbelastung der Basler Bevölkerung nachhaltig zu reduzieren [3]. Die meisten dieser Anlagen, die in den Jahren 2012 bis 2017 eingebaut werden, sind dabei vor Wendeschleifen oder engen Gleisbögen vorgesehen (siehe Abbildung auf der nächsten Seite).

Da die Eingriffe durch mobile und stationäre Schmieranlagen ins Spurführungssystem der BVB den Zeitraum der Schädigung durch Seitenverschleiss beinhalten, war auch die Möglichkeit einer gegenseitigen Abhängigkeit zu betrachten. Weil eine Schienenschmierung an sich grundsätzlich positive Auswirkungen auf das Verschleissverhalten hat, musste hier die Möglichkeit einer „gegenseitigen Auslöschung“ durch Unverträglichkeiten beider Schmiermittel untersucht werden.

Bereits 2014 beauftragten die BVB daher die Eidgenössische Materialprüfungsanstalt (EMPA), die in Frage kommenden Schmiermittel zu untersuchen. Dabei konnten gewisse Unverträglichkeiten nachgewiesen werden. BVB Infrastruktur und Technik haben daraufhin die Schmiermittel so ausgewählt, dass ihre Verträglichkeit gesichert ist.

Somit schied auch die Systeme zur Rad- und Schienenschmierung als mögliche Auslöser des ausserordentlichen Schienenverschleisses aus. Gleichwohl wird die Schmierstrategie der BVB auch mit dem Ziel weiterentwickelt, den Verschleiss an Rad und Schiene weiter zu reduzieren.

Schienenschleifprozess

Alle Streckenabschnitte im Netz der BVB werden regelmässig geschliffen. Basis für diese Arbeit ist die Richtlinie des Instituts für Bahntechnik (IFB) von 2012 [4], die bezüglich gewähltem Schleifprofil und Arbeitsablauf eingehalten wird.

Auch der Schleifzyklus wurde für jeden Abschnitt des BVB-Netzes genau festgelegt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Vermeidung von Riffeln, die naturgemäss durch

Überrollung entstehen. Die Frequenz der Schleifarbeiten orientiert sich somit an der Häufigkeit der Fahrten auf den Teilabschnitten (siehe Abbildungen unten).

Von grossem Interesse sind der Ablauf des Schienenschleifens und der Prozess der Qualitätssicherung. Der Schleifprozess wurde daher anlässlich eines nächtlichen Besuchs eines Schleifeinsatzes im Bereich Muttenz intensiv begutachtet (siehe Abbildung oben). Dabei konnten sich die Verfasser davon überzeugen, dass der Schleifprozess mit viel Erfahrung und grosser Sorgfalt durchgeführt wird. Zunächst wird eine Vormessung durchgeführt, um danach mit zielgenau gesetzten Facetten das Sollsleifbild zu erreichen. Das Schleifergebnis wird mit einer Nachmessung dokumentiert. Mit dem Vergleich beider Messungen kann das Schleifergebnis nachvollzogen werden (siehe Abbildung oben rechts). Alle Dokumente zum Schienenschleifen werden durch BVB Infrastruktur geprüft und archiviert.

Nach diesen Ausführungen schied auch der Schienenschleifprozess als Verursacher des Verschleissproblems aus. Damit musste die Suche fortgesetzt werden, obwohl alle phänomenologischen Aspekte bereits betrachtet worden waren! Allerdings konnte im Rahmen der Untersuchungen zum Schienenschleifprozess ein Indiz gefunden werden, das im weiteren Verlauf für die Analyse der Ursachen-Wirkungs-Kette des ausserordentlichen Schienenverschleisses entscheidend wurde:

Brennpunkt Weiche 323 in Wartenberg

Bei der Betrachtung der Schadstellen und der entsprechenden Schienenprofilformen fiel auf, dass es innerhalb eines relativ kurzen Abschnitts in Muttenz einen Wechsel zwischen Schienen mit ausgeprägtem Schadbild „Seitenverschleiss“ und Schienen mit vollkommen

Links: Standorte der realisierten und geplanten Schienenkopfbetzungsanlagen (Zeichnung: W. Huber).

Unten: Schleifzyklus im Tramnetz der BVB (Zeichnungen: W. Huber).

SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE

Schweizer Eisenbahn-Revue
6002 Luzern
041/ 429 70 90
www.minirex.ch

Medienart: Print
Medientyp: Fachpresse
Auflage: 10'400
Erscheinungsweise: monatlich

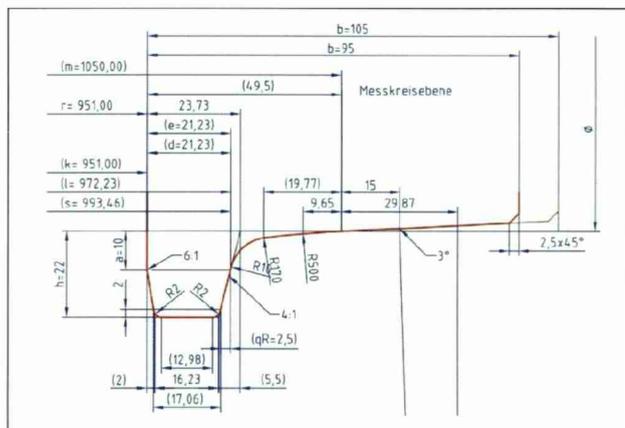
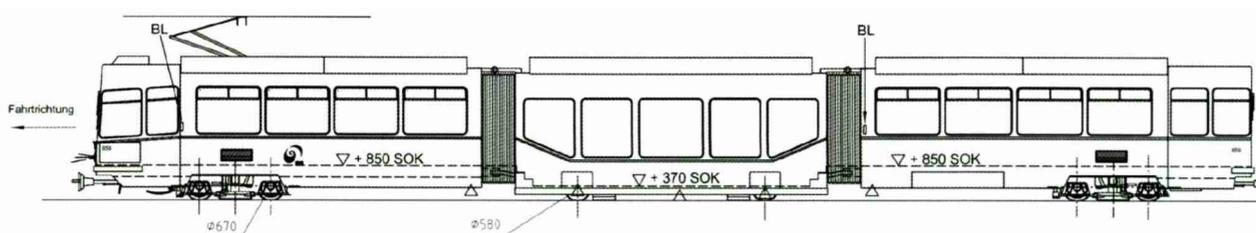


Seite: 284
Fläche: 327'143 mm²



Auftrag: 1094428
Themen-Nr.: 385.021

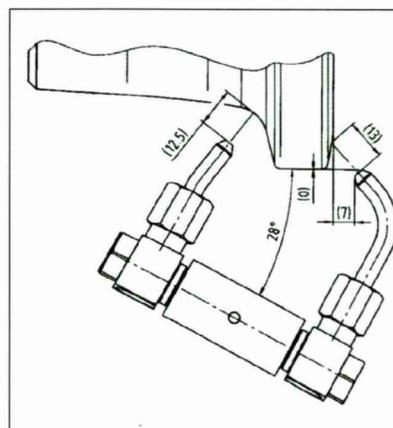
Referenz: 65481270
Ausschnitt Seite: 5/15



Oben: Triebwagen
Be 4/6 S (Zeichnung:
W. Huber).

Links: Soll-Radprofil
der BVB (Zeichnung:
A. Theiler).

Rechts: Düsen der
Radschmieranlage
(Zeichnung: W. Huber).



SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE

Schweizer Eisenbahn-Revue
6002 Luzern
041/ 429 70 90
www.minirex.ch

Medienart: Print
Medientyp: Fachpresse
Auflage: 10'400
Erscheinungsweise: monatlich

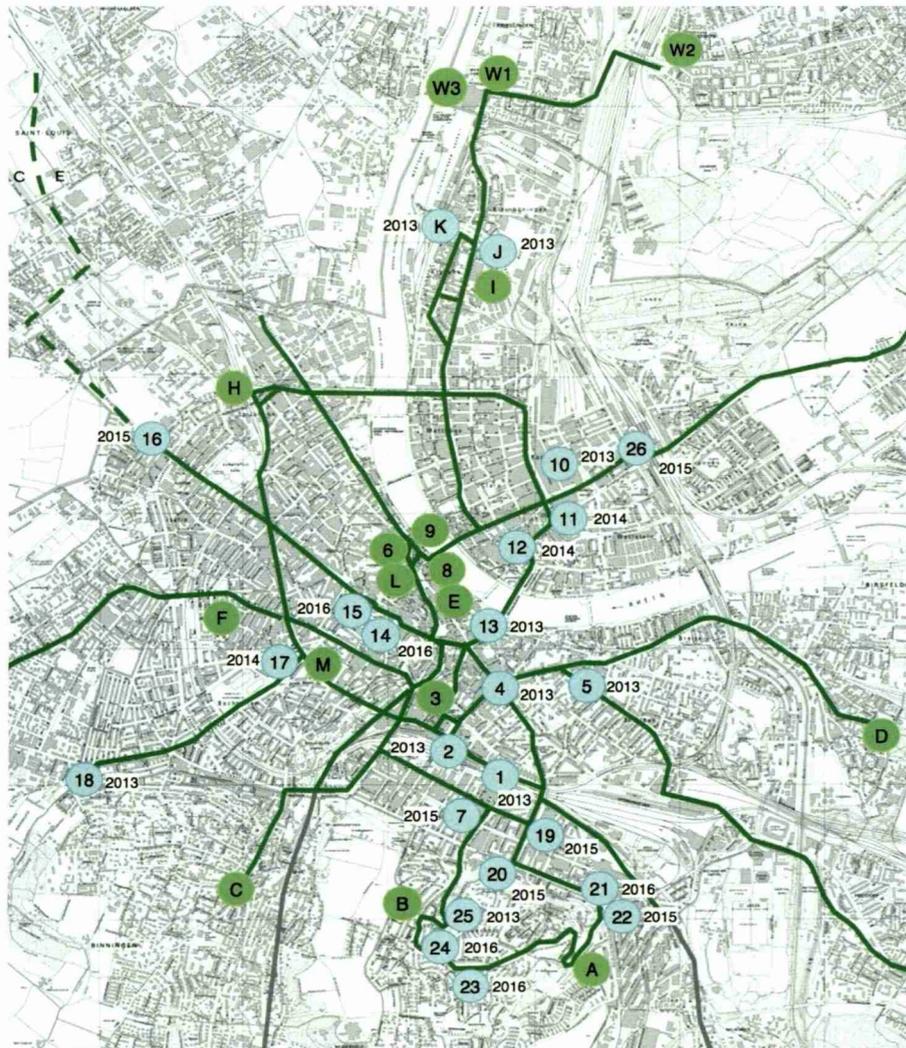


Seite: 284
Fläche: 327'143 mm²



Auftrag: 1094428
Themen-Nr.: 385.021

Referenz: 65481270
Ausschnitt Seite: 6/15



SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE

Schweizer Eisenbahn-Revue
6002 Luzern
041/ 429 70 90
www.minirex.ch

Medienart: Print
Medientyp: Fachpresse
Auflage: 10'400
Erscheinungsweise: monatlich

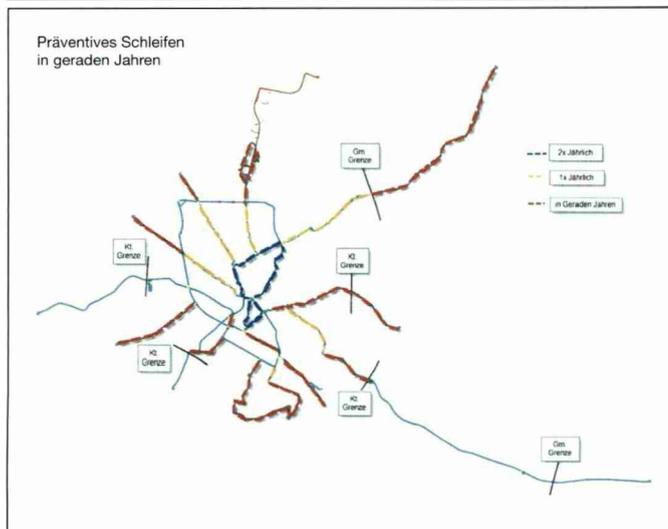
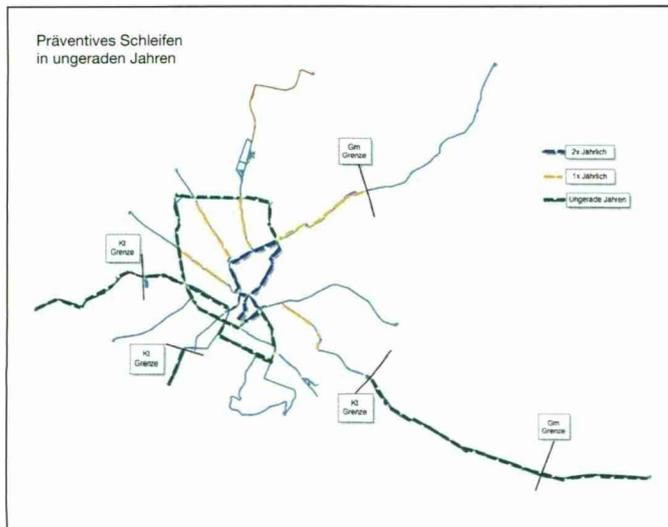


Seite: 284
Fläche: 327'143 mm²

BASEL ERFAHREN  BVB

Auftrag: 1094428
Themen-Nr.: 385.021

Referenz: 65481270
Ausschnitt Seite: 7/15



SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE

Schweizer Eisenbahn-Revue
6002 Luzern
041/ 429 70 90
www.minirex.ch

Medienart: Print
Medientyp: Fachpresse
Auflage: 10'400
Erscheinungsweise: monatlich



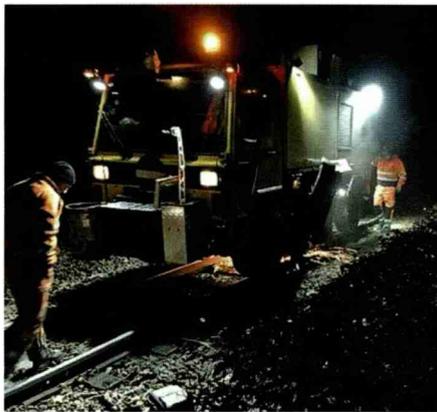
Seite: 284
Fläche: 327'143 mm²

BASEL ERFAHREN

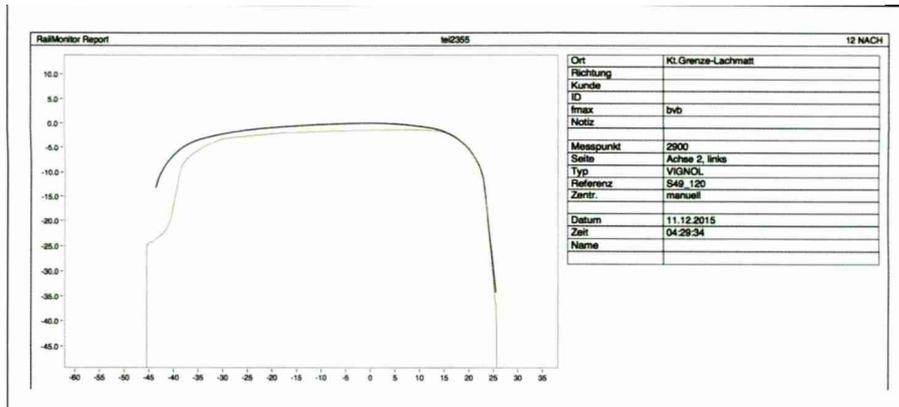


Auftrag: 1094428
Themen-Nr.: 385.021

Referenz: 65481270
Ausschnitt Seite: 8/15



Nächtliches Schienenschleifen bei Muttenz (Foto: S. Karch).



Dokumentation Schienenschleifen – Nachmessung (Grafik: W. Huber).



intaktem Profil gab: Es handelte sich um das Umfeld der Weiche 323 an der Ausfahrt der Wendeschleife Wartenberg. Während der Seitenverschleiss vor und hinter der Weiche das typische Schadbild aufwies, obwohl es sich um einen vollkommen geraden Gleisabschnitt handelt, war das Stammgleis der Weiche vollkommen intakt (siehe Abbildung rechts).

Sieht man den Schienenverschleiss beziehungsweise das entstehende Schadbild als Wirkung an, so konnte daraus geschlossen werden, dass auch die Ursache im Umfeld der Weiche 323 wechselte. Insofern konnte sich die Ursachensuche hier auf einen beschränkten Raum konzentrieren. Zu betonen ist an dieser Stelle, dass die BVB das Schleifen der durchgehenden Gleise und der Weichen getrennt in Auftrag geben und dementsprechend diese Arbeiten auch zu unterschiedlichen Zeiten ausgeführt werden.

Da der hier vorhandene Oberbau inklusive aller Elemente von 2006/2008 stammte und somit relativ neu war, die Schleifhistorie der Schienen bekannt und dokumentiert ist sowie der Abschnitt von unterschiedlichen Fahrzeugtypen befahren wird, die sich offensichtlich ähnlich verhalten, rückten die Einflüsse der Kontaktgeometrie zwischen Rad und Schiene in den Vordergrund.

Kontaktmechanik

Neue Kontaktmechanik 2009

Im Jahr 2009 wurde durch die damalige Schreck-Mieves GmbH eine Spuruntersuchung in Basel durchgeführt, in deren Rahmen die Profile von Rad und Schiene verschleissoptimiert angepasst wurden [4]. Diese Erkenntnisse flossen letztlich in die Schleifanweisung [5] ein. Grundsatz dieser Ausarbeitung sind die Ermittlung der Verschleissprofile sowohl für die Schiene als auch für das Rad und die Anwendung dieser Profile schon ab dem Neuzustand. Im Detail wurde das Radprofil so variiert, dass sich ein optimaler Kompromiss zwischen Zentriereigenschaft in der Geraden und den Bogenlaufeigenschaften einstellte.

Das Schleifsollprofil der Schiene wurde von dem bei den BVB ermittelten mittleren Verschleissprofil hergeleitet. Der im Verschleisszustand engere Kopfeckabrundungsradius wurde dabei wieder auf den Wert R10 des Walzprofils 60R1 festgelegt (siehe Abbildung unten links).

Das entsprechende Radprofil wurde aus Messungen ermittelt und ebenfalls optimiert (siehe Abbildung vorne). Die aus dieser Profilkombi-

nation resultierenden Kontaktverhältnisse zeigen ein sehr gutes Verhalten (siehe Abbildung unten rechts), das sich folgendermassen charakterisieren lässt:

- Es gibt eine kontinuierliche Verlagerung der Kontaktpunkte über den Querweg.

Rechts: Situation bei der Weiche Wartenberg in Muttenz (Foto: A. Theiler).

Unten links: Bisheriges Verschleissprofil für die Schienen der BVB (rot) (Zeichnung: A. Theiler).

Unten rechts: Verlauf der Rollradiendifferenz und der äquivalenten Konizität der Profilverpaarung Radprofil BVB 2009 versus Schienenprofil BVB 2009 (Zeichnung: A. Theiler).

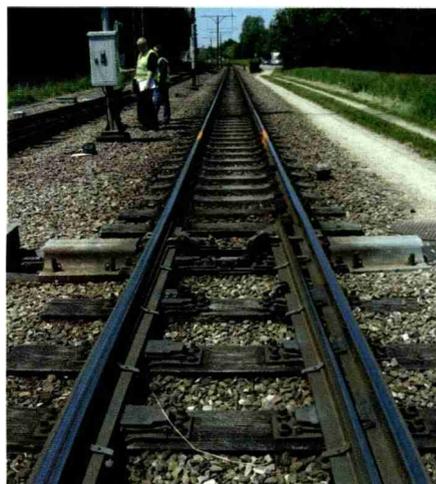
- Die äquivalente Konizität erreicht den Zielwert von $\lambda_e = 0,24$ und
- ist nahezu konstant bis zu einer Querverschiebung von $u_y^* = 2,5$ mm.

Das entsprechende Kontaktband hat einen kontinuierlichen Verlauf und damit die gewünschte Charakteristik (siehe Abbildung auf der nächsten Seite).

Kontaktverhältnisse der Weiche 323 in Wartenberg

Die Schienenprofile innerhalb und ausserhalb der Weiche 323 in Wartenberg wurden vermessen. Danach konnten über die gleichen Schritte wie im letzten Abschnitt die Kontaktverhältnisse bestimmt werden. Wiederum ergibt sich aus der Paarung der Profilmessung (rot) und dem BVB-Radverschleissprofil (blau) das Kontaktband.

Es fällt auf, dass das Kontaktband auf dem Abschnitt vor der Weiche (siehe Abbildung in





der Mitte) weiter aussen liegt. Damit verbunden sind erfahrungsgemäss schlechtere Zentriereigenschaften des Radsatzes. In der Weiche verbessert sich der Fahrzeuglauf spürbar; das Kontaktband liegt weiter innen (siehe Abbildung unten).

Diese Verhältnisse hatten sich so eingestellt, obwohl die Profile durch wiederholtes Schleif-

Oben: Verlagerung der Kontaktflächen bei der Profilpaarung Radprofil BVB 2009 versus Schienenprofil BVB 2009 (mit geringer Normalkraft) (Zeichnung: A. Theiler).

Mitte: Kontaktverhältnisse vor der Weiche Wartenberg stadteinwärts (Zeichnung: A. Theiler).

Unten: Kontaktverhältnisse in der Weiche Wartenberg (Zeichnung: A. Theiler).

fen an das Schienenverschleissprofil SP BVB 02 zumindest angenähert waren. Dass eine Abweichung von einigen Zehntel-Millimetern dazu führt, dass die Kontaktmechanik nicht mehr ausreichend wirkt, deutet darauf hin, dass ihre Robustheit für den bahntechnischen Alltag unzureichend ist. Eine Auswirkung der fehlenden Funktion war das seitliche Anlaufen der meisten Fahrzeuge unterschiedlicher Bauarten selbst im geraden Gleis, das mit Farbsprühversuchen anschaulich gemacht werden konnte (siehe Abbildung oben rechts).

Durch die klare und engräumige Situation im Bereich Wartenberg konnte nachgewiesen werden, dass bereits kleine Veränderungen innerhalb der Kontaktmechanik dazu führen, dass das Kontaktband seine Lage auf der Schiene deutlich verändert, also weiter nach aussen oder nach innen wandert. Je weiter aussen das Kontaktband liegt, desto schlechter ist die Zentrierfähigkeit aufgrund der dann vorliegenden quasizylindrischen Kontaktverhältnisse.

Insofern war es nun Ziel, die Kontaktmechanik von 2009 so zu variieren, dass einerseits ihre positiven Eigenschaften erhalten bleiben, andererseits aber die Robustheit des Systems gegen Verschleiss oder kleine Verfahrensfehler gesteigert wird. Das neue Schienenverschleissprofil erhält die Bezeichnung SP BVB 03.

Entwicklung des verbesserten Schienenverschleissprofils

Zur Herleitung des neuen Profils wurde vom bestehenden ausgegangen und variierte es dann mit verschiedenen Kopfeckabrundungen und Balligkeiten (siehe Abbildung rechts oben). Ziel war die deutliche Erhöhung der

Konizität bereits bei kleinen Auslenkungen des Radsatzes in Querrichtung, um die Zentrierwirkung zu verbessern. Gleichzeitig musste die Abstufung der Radien vorsichtig behandelt werden, um kein Schlingerproblem zu provozieren.

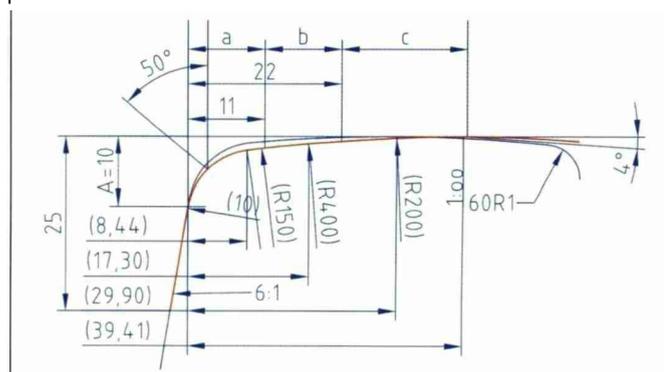
Es war der Ansatz, das neue Profil aus einem arithmetischen Mittel des bisherigen Verschleissprofils SP BVB 02 und dem Schienenprofil 60R1 zu generieren (siehe Abbildung rechts in der Mitte).

Dieses Profil mit der Bezeichnung SP BVB 03 entwickelt eine hohe äquivalente Konizität bereits bei geringen Querauslenkungen des Radsatzes (siehe Abbildung rechts unten). Damit ist nun auch in der Praxis die entsprechende Zentrierwirkung zu erwarten. Das neue Profil wurde östlich von Wartenberg appliziert, um dessen Zentrierwirkung durch Farbsprühversuche überprüfen zu können. Die abschliessende Versuchsserie fand am 17. November 2016 statt (siehe Abbildung rechts unten).

Die Zentrierwirkung des neuen Profils konnte so eindrücklich dokumentiert werden. Wichtig ist dabei auch, dass hier alle Basler Fahrzeuge das gleiche Verhalten zeigen, das heisst, dass die getroffene Massnahme typenunabhängig ist. Bei Fahrten bis zur Streckenhöchstgeschwindigkeit von 60 km/h wurde zudem keinerlei Schlingerneigung der Fahrzeuge festgestellt.

Umsetzung

Somit konnte das neue Schienenverschleissprofil SP BVB 03 in die Schleifrichtlinie der



SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE

Schweizer Eisenbahn-Revue
6002 Luzern
041/ 429 70 90
www.minirex.ch

Medienart: Print
Medientyp: Fachpresse
Auflage: 10'400
Erscheinungsweise: monatlich



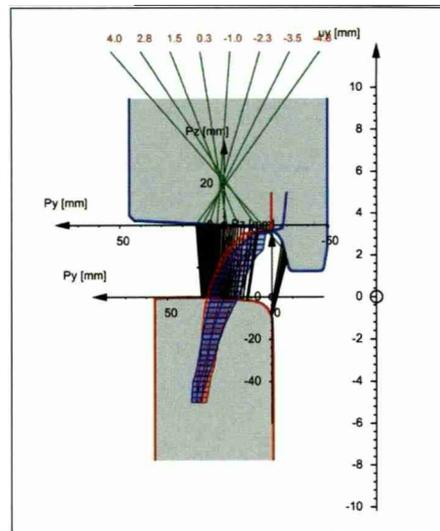
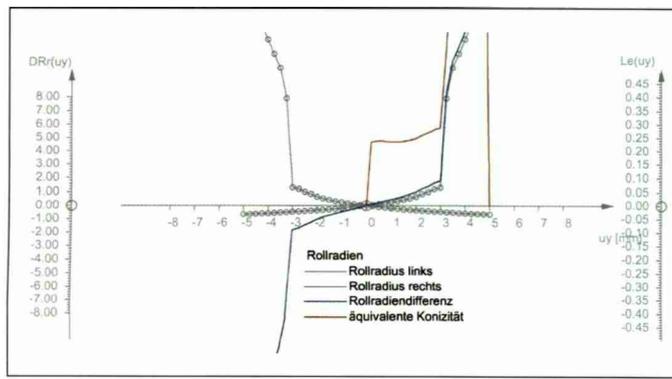
Seite: 284
Fläche: 327'143 mm²

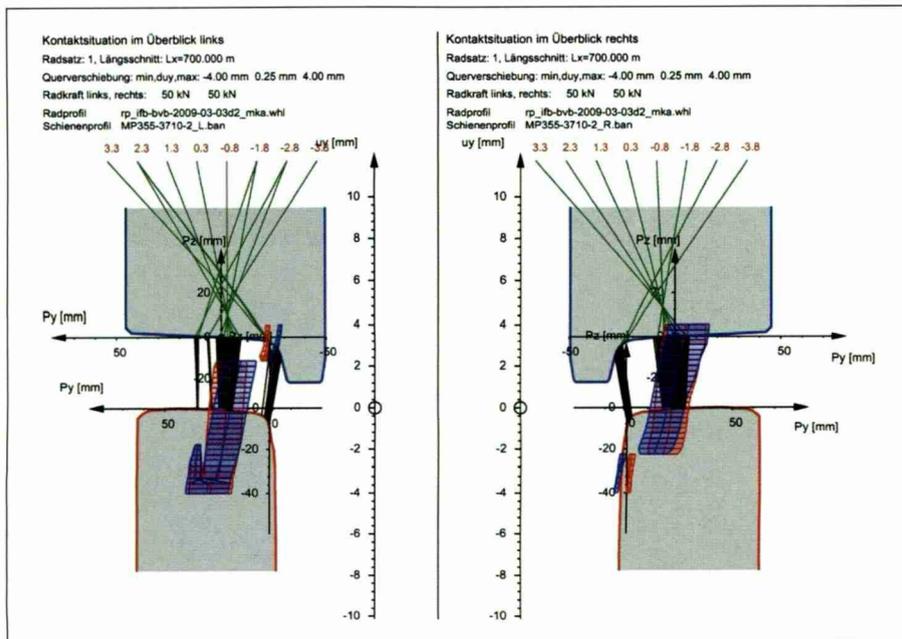
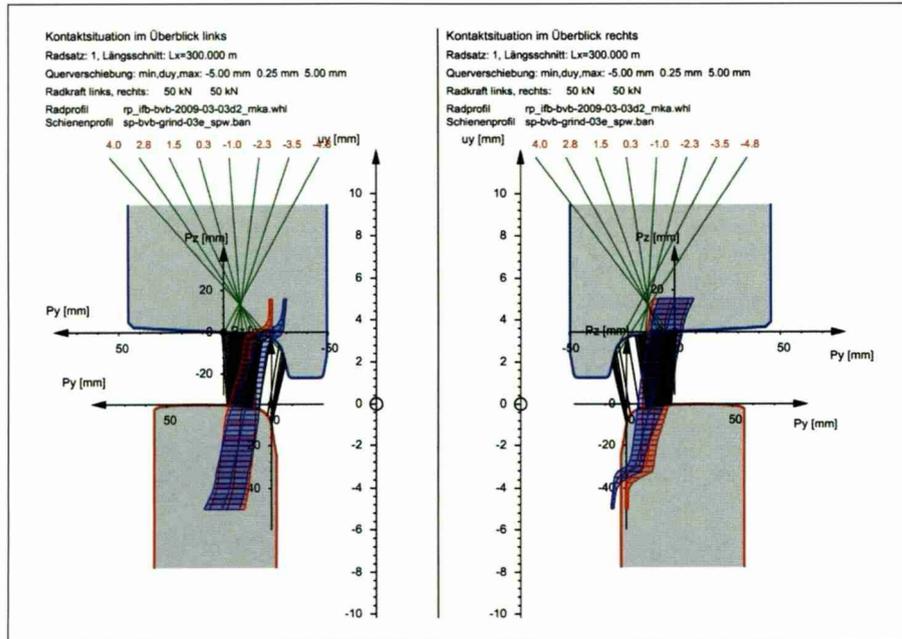
BASEL ERFAHREN



Auftrag: 1094428
Themen-Nr.: 385.021

Referenz: 65481270
Ausschnitt Seite: 11/15





SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE

Schweizer Eisenbahn-Revue
6002 Luzern
041/ 429 70 90
www.minirex.ch

Medienart: Print
Medientyp: Fachpresse
Auflage: 10'400
Erscheinungsweise: monatlich



Seite: 284
Fläche: 327*143 mm²

BASEL ERFAHREN



Auftrag: 1094428
Themen-Nr.: 385.021

Referenz: 65481270
Ausschnitt Seite: 13/15

Links: Farbsprühver-
such bei Wartenberg
(Foto: S. Karch).

Rechts: Varianten
für ein geändertes
Schienenverschleiss-
profil (Zeichnung:
A. Theiler).



BVB übernommen werden. Mit Beginn der Schleifkampagne 2017 wird sie im Basler Netz angewandt und dabei das Schleifergebnis jeweils genau überprüft, speziell auch auf den äusseren Bereichen der Schienenprofile (Koordinaten > 30 mm).

Es wird mit einem Pilotschleifen begonnen, dessen Ergebnis bezüglich Zentrierwirkung und Fahrzeugauftrieb nochmals zu überprüfen ist. Erst danach wird die Kampagne 2017 fortgesetzt. Die Entwicklung des Schienenseitenverschleisses ist durch die BVB Infrastruktur über die folgenden zwei Jahre zu dokumentieren.

Speziell an den Schadstellen mit ausserordentlichem Schienenseitenverschleiss konnte in kurzer Zeit festgestellt werden, dass die deutlich erhöhte Robustheit der Kontaktmechanik sich positiv auswirkt.

Literaturverzeichnis

- [1] Chrétien, Marc: „Protokoll 2014 – Starker Schienenseitenverschleiss“. Basel, 2014.
- [2] Mattner, Dirk: ET420 Online. <http://stuttgart.baureihe420.de/05tp.html> (2003)
- [3] Regierungsrat Basel-Stadt: Ausgabenbewilligung für Lärminderungsmassnahmen der Basler Verkehrs-Betriebe – Netzausbau stationäre Schienenkopfbenezungsanlagen. Ratsschlag 2012.
- [4] Lehna, Heribert; Theiler, André: Radprofilanpassung bei den Basler Verkehrs-Betrieben. Institut für Bahntechnik. Berlin, 2009.
- [5] Theiler, André: BVB-Arbeitsanweisung Schienenschleifen. Institut für Bahntechnik GmbH, 2012.

Mitte: Profil SP BVB 03 als Ergebnis der arithmetischen Mittelung (Zeichnung: A. Theiler).

Unten links: Schleifversuch Wartenberg am 17. November 2016 – hier SP BVB 03 (Foto: A. Theiler).

Unten rechts: Kontaktverhältnisse des neuen Schienenseitenverschleissprofils SP BVB 03 (Zeichnung: A. Theiler).



SCHWEIZER EISENBAHN-REVUE

Schweizer Eisenbahn-Revue
6002 Luzern
041/ 429 70 90
www.minirex.ch

Medienart: Print
Medientyp: Fachpresse
Auflage: 10'400
Erscheinungsweise: monatlich



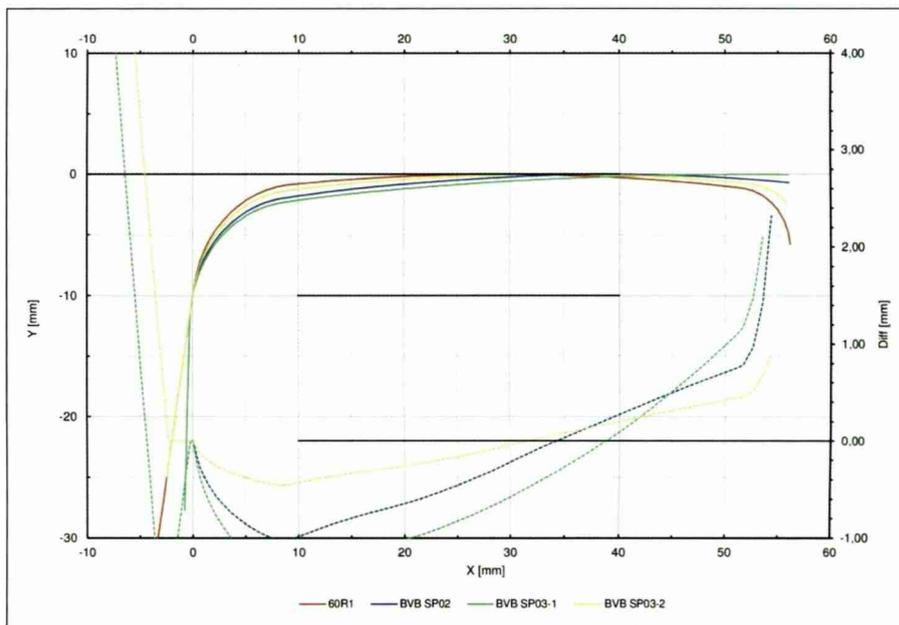
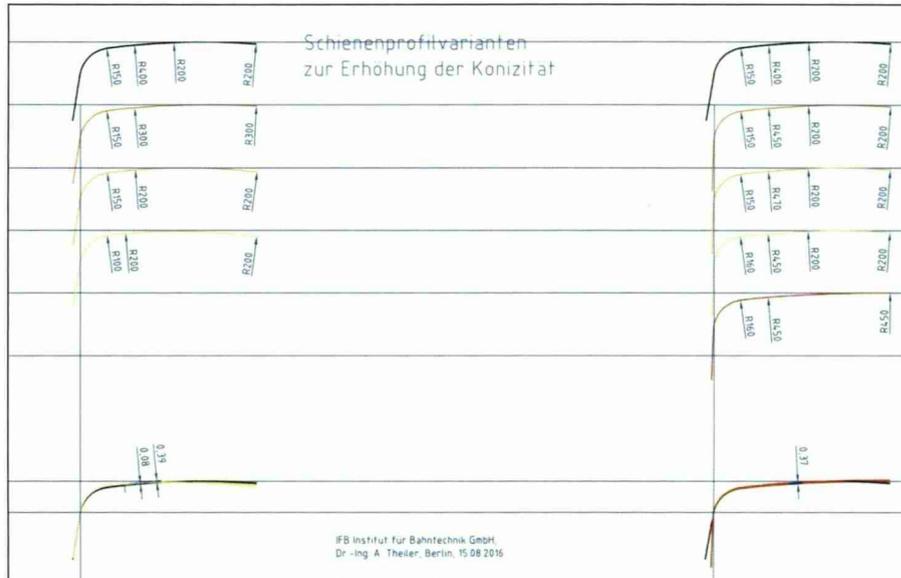
Seite: 284
Fläche: 327'143 mm²

BASEL ERFAHREN



Auftrag: 1094428
Themen-Nr.: 385.021

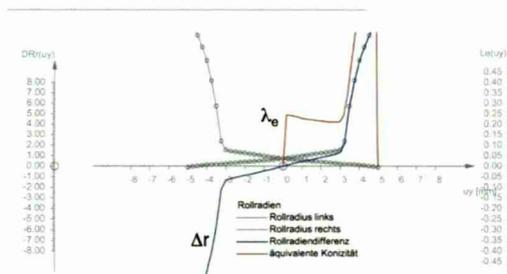
Referenz: 65481270
Ausschnitt Seite: 14/15





• Schleifprofil BVB-SP03

- Koordinatendefinition
- $Q = 50 \text{ kN}$
- Ergebnis:
 - deutlicher Peak der Konizität bei kleinen Querverschiebungsamplituden entfällt zwar,
 - dennoch bleibt eine deutlich erhöhte Konizität zur Zentrierung der Fahrwerke



Kontaktsituation im Überblick links
 Radsatz: 1, Längsschnitt: $L_x=400.000 \text{ m}$
 Querverschiebung: $\text{min,duy,max} = -5.00 \text{ mm } 0.25 \text{ mm } 5.00 \text{ mm}$
 Radkraft links, rechts: $50 \text{ kN } 50 \text{ kN}$
 Radprofil: `rp_ib-bvb-2009-03-03d2_mka.whl`
 Schienenprofil: `sp_bvb-grind-03e_spw.ban`

