

Entwicklung von Schleifstrategien gegen Rollkontaktermüdung – Ein internationaler Überblick

Development of Grinding Strategies against Rolling Contact Fatigue – An International Overview

Dr.-Ing. Wolfgang Schöch, Genf (Schweiz)

Zusammenfassung

Schienenschleifen ist zu einem fixen Bestandteil der Maßnahmen zur wirtschaftlichen Instandhaltung des Eisenbahn-Oberbaus geworden. Ursprünglich zur Beseitigung von Längsunebenheiten auf der Fahrfläche der Schienen bei Bedarf sporadisch eingesetzt, wird die Bearbeitung der Schiene im Gleis zunehmend regelmäßig präventiv vorgenommen. Die gestiegenen dynamischen Belastungen an der Schienenoberfläche durch höhere Radsatzlasten, Geschwindigkeiten und Traktionskräfte haben in letzter Zeit zu einem deutlich vermehrten Auftreten von Rollkontaktermüdung geführt. Diese kann durch Materialabtrag beseitigt und ihre Neubildung durch geeignete Querprofilgebung verzögert werden. Dazu sind wiederkehrende Schleifeinsätze, häufig als „Schienenpflege“ bezeichnet, erforderlich. Viele Bahnverwaltungen in Europa haben in diesem Zusammenhang damit begonnen, diesbezüglich spezielle Erfahrungen mit der Schleiftechnik zu sammeln, um entsprechende Spezifikationen ausarbeiten zu können. Die derzeit angewendeten Schleifstrategien und Empfehlungen für den optimierten Einsatz der Schleiftechnik werden hier zusammengefasst wiedergegeben.

Abstract

Rail grinding has become a routine part of maintenance work for railway infrastructure. Originally used sporadically in order to remove corrugation on the running surface of the rails if required, increasingly rail maintenance is regularly applied as a preventive measure. Higher dynamic loads working on the rail surface because of higher axle loads, speeds and traction forces have provoked surface fatigue to appear frequently and in severe dimensions. Rolling contact fatigue can be eliminated by metal removal and its re-occurrence delayed by an appropriate railhead geometry. Repeated grinding campaigns, often referred to as "rail-care" are required. In this context many infrastructure companies in Europe have started to collect respective experiences with grinding in order to elaborate appropriate specifications. Present grinding strategies and recommendations for an optimized use of the grinding technology are summarized.

1 Einleitung

Die Schienenpflege ist heutzutage eine Routinemaßnahme bei der Instandhaltung des Oberbaus geworden. Ihre Vorteile sind allgemein anerkannt. Entsprechend der örtlichen Gegebenheiten unterscheidet man verschiedene Anwendungsgebiete. Dementsprechend bezieht sich die schleiftechnische Behandlung auf das Schienenkopf-Längsprofil, das Schienen-

kopf-Querprofil oder den Oberflächenzustand der Kontaktzone zwischen Rad und Schiene – oder gegebenenfalls auch auf eine Kombination dieser Fälle.

Rollkontaktermüdung ist ein weit verbreitetes Phänomen geworden. Ursprünglich trat es nur bei Schwerlastbahnen mit hohen Radsatzlasten auf. Heute ist sie aber eine weltweit beobachtete Erscheinung, die auch auf konventionellen Strecken bei gemischtem Verkehr und ganz besonders bei Schnellfahrstrecken mit Ge-

schwindigkeiten über 200 km/h zu einem Problem von wachsender Bedeutung geworden ist.

Das hohe Spannungsniveau der Schiene resultiert hauptsächlich aus den Berührbedingungen zwischen Rad und Schiene. Es besteht kein Zweifel, dass bei höheren gefahrenen Geschwindigkeiten auch deutlich größere dynamische Kräfte auf die Rollkontaktzone einwirken. Die hohen Beschleunigungskräfte angetriebener Radsätze der Fahrzeuge vervielfachen

die Kontaktspannungen in der Lauffläche zwischen Rad und Schiene. Es ist daher wesentlich, die geometrische Form dieser beiden Komponenten in einer Weise zu gestalten, dass die wirkenden Kräfte minimiert werden. Da die Infrastrukturbetreiber wenig Einfluss auf die Radprofile haben, bleibt als einzige Möglichkeit, optimierte Schienenkopfprofile anzuwenden und in regelmäßigen Abständen das ermüdete Material, das sich unter Betrieb an der Schienenoberfläche einstellt, zu entfernen.

Dies kann durch regelmäßige Schienenbearbeitung mittels der Schleiftechnik sichergestellt werden. In den letzten Jahren wurden dazu spezielle Querprofile, unterschiedlich zu den Walzprofilen, entwickelt. Die Schienenschleifarbeiten werden üblicherweise mit kleinen Toleranzen bezüglich des Querprofils ausgeführt, da die Rad-Schiene-Geometrie sehr sensibel reagiert. Speziell im Fall der Behandlung von Rollkontaktermüdung ist die richtige Wahl der Schleifparameter von ausschlaggebender Bedeutung. Da sich die Problemzone knapp unterhalb der Schienenoberfläche befindet, ist das Schadensausmaß nur schwer feststellbar. Das Wissen um die Entwicklungsgeschwindigkeit von sogenannten Headchecks (Oberflächenrisse) ist derzeit noch immer recht eingeschränkt. Die geringen sichtbaren Erscheinungen, im Wesentlichen ein sehr feines Rissbild, lassen nur bedingt erkennen, wie weit der Schädigungsprozess in den Schienen selbst schon fortgeschritten ist. Daher, und weil derzeit noch nur begrenzte Möglichkeiten zur Messung der Schädigung bestehen, ist der Einsatz der Schleiftechnik in diesem Bereich von aus der Erfahrung abgeleiteten zyklischen Einsätzen bestimmt.

In Europa haben die Infrastrukturunternehmen deshalb begonnen, entsprechende Schleifstrategien zu entwickeln und Spezifikationen für die Behandlung auszuarbeiten mit dem Ziel, die Rollkontaktermüdung in den Griff zu bekommen. In der Vergangenheit wurde zur Bearbeitung von Ermüdungsschäden üblicherweise nur die Zahl der zusätzlich auszuführenden Schleifgänge spezifiziert, die im Fahrkantenbereich einen entsprechend höheren Materialabtrag sicherstel-

len sollten. Manchmal wurde die schleiftechnische Bearbeitung von solchen Fehlern überhaupt nicht in Betracht gezogen, und die Schienen wurden schließlich aus Sicherheitsüberlegungen frühzeitig getauscht.

Nunmehr sind aber Instandhaltungsstrategien und entsprechende Spezifikationen in Entwicklung, die sich auf detaillierte theoretische Studien und praktische Versuche im Gleis beziehen.

2 Rollkontaktermüdung

Wie bereits angedeutet überschreitet der Schienenstahl die Grenze der Ermüdungsfestigkeit, wenn er wiederkehrend hohen dynamischen Belastungen ausgesetzt wird. Dieses Risiko ist besonders bei der verhältnismäßig kleinen Berührzone zwischen Rad und Schiene der Fall. Häufig tritt eine Überlastung an äußeren Schienen in Bogen auf, wenn sich alle Radsätze auf eine ähnliche Position einstellen, die zum freien Durchrollen des Bogens mit dem entsprechenden Radius erforderlich ist. In dieser begrenzten Berührzone kommt es dann zu Ermüdungserscheinungen.



Bild 1: Headchecks an der Fahrkante, unten: moderat, oben: ausgeprägt

2.1 Headchecks

Als Folge der hohen Belastung treten nach einiger Zeit Oberflächenrisse in mehr oder weniger engem Abstand von wenigen Millimetern auf, die nunmehr allbekanntes und praktisch in allen Sprachen gleich bezeichneten „Headchecks“ (Bild 1).

Wenn sie nicht entfernt werden, wachsen sie kontinuierlich weiter. Manchmal ändert sich die Wachstumsrichtung gegen die Schienenoberfläche und es kommt zu Materialausbrüchen, die je nach Größe als „Flaking“ (kleine Partikel) oder „Spalling“ (größere Partikel) bezeichnet werden. Häufig entwickeln sie sich jedoch nach unten, verzweigen sich gelegentlich und führen schlimmstenfalls zum Schienenbruch.

Werden die Schienen rechtzeitig geschliffen, wird die Zone des bereits geschädigten Materials mit den darin befindlichen Rissen abgetragen und somit das Risiko negativer Folgen beseitigt – bis sich auf Grund der fortgesetzten wiederholten Belastung die Ermüdung wieder einstellt.

2.2 Squats

Im geraden Gleis und in Bögen mit sehr großen Radien befindet sich der Fahrspiegel mehr oder weniger in Schienenkopfmittle. Es entstehen vereinzelt Anrisse, die sich parallel unter der Schienenoberfläche fortsetzen. Diese Erscheinung tritt meist als halbmond- oder V-förmige flache Delle auf und wird dann als „Squat“ oder auch „Schwarzer Fleck“ bezeichnet (Bild 2). Manchmal wird ihr Entstehen im Zusammenhang mit Riffeln oder auch Eindrü-

ckungen von Fremdkörpern in die Fahrfläche beobachtet. Die Risse wachsen einige Zehntelmillimeter tief unter der Oberfläche parallel in Längsrichtung. Wegen des tiefer liegenden Risses verlagert sich die Berührzone beidseits des betroffenen Bereichs, wodurch die lokale Kontaktbelastung ansteigt und das Risswachstum begünstigt wird. Auch hier besteht das Risiko eines Abkippen des Risses nach unten und in weiterer Folge des dann unvermeidlichen Schienenbruchs.

Einzelne Squats können durch Auftragschweißen beseitigt werden, eine Anhäufung solcher Fehler erfordert einen Schienentausch. In einem frühen Stadium kann ihre Entwicklung durch Beseitigung der obersten geschädigten Zone mittels Schienenschleifen verhindert werden.

2.3 Belgrospi

Speziell auf den Schnellfahrstrecken der Deutschen Bahn AG (DB AG) konnte ein Ermüdungsphänomen geortet werden, das mit dem Auftreten von geringer Verriffelung in Zusammenhang steht. Auf den Riffelbergen entsteht dabei ein feines Rissnest, das auch als Mischung von unregelmäßig verteilten Headchecks und kleinen Squats bezeichnet werden könnte (Bild 3). Diese Erscheinung wird nach den drei Entdeckern des Phänomens namens Belz, Grohmann und Spiegel nunmehr allgemein, auch international, als „Belgrospi“ bezeichnet. Da schon eine geringfügige Verriffelung von 0,03 mm Tiefe die dynamischen Kräfte deutlich erhöht, wurde dieser Wert als Eingriffsschwelle für das Schienenschleifen bei Schnellfahrstrecken festgeschrieben.

3 Schleifstrategien

Eine Schleifstrategie ist der gezielte und wiederholte Einsatz der Schleiftechnik, wobei der Materialabtrag und das Zielquerprofil innerhalb einzuhaltender Produktionstoleranzen generell spezifiziert sind. Im Wesentlichen können drei Kategorien von Strategien für den Einsatz von Schleifmaßnahmen unterschieden werden:

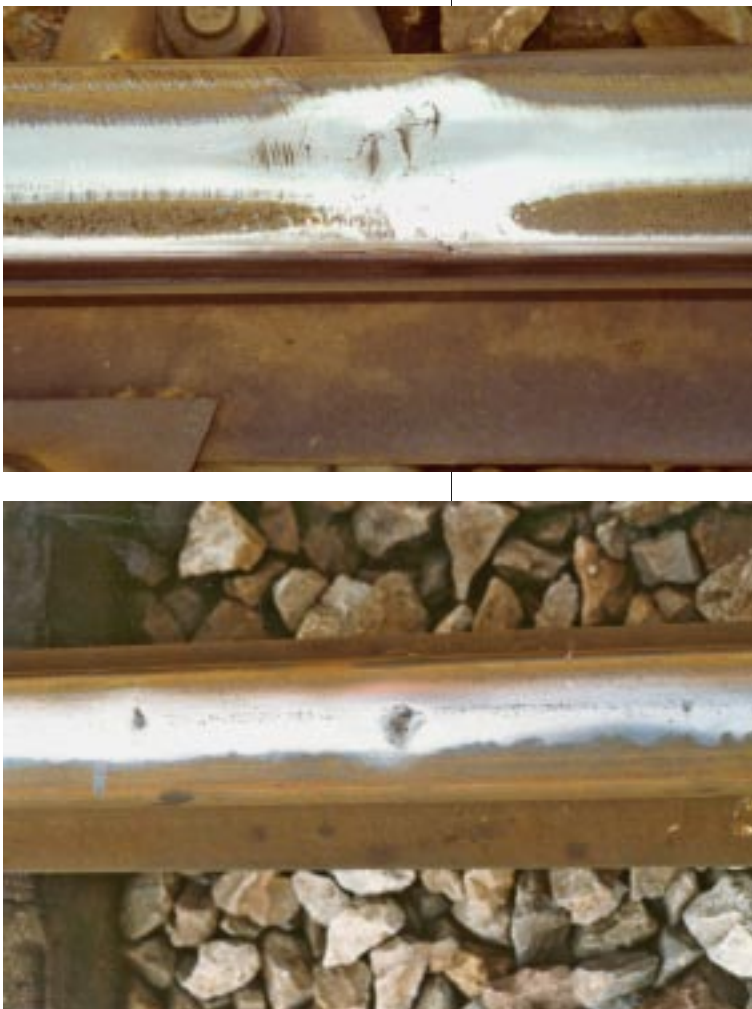


Bild 2: Squats, unten: in Folge, oben: extrem

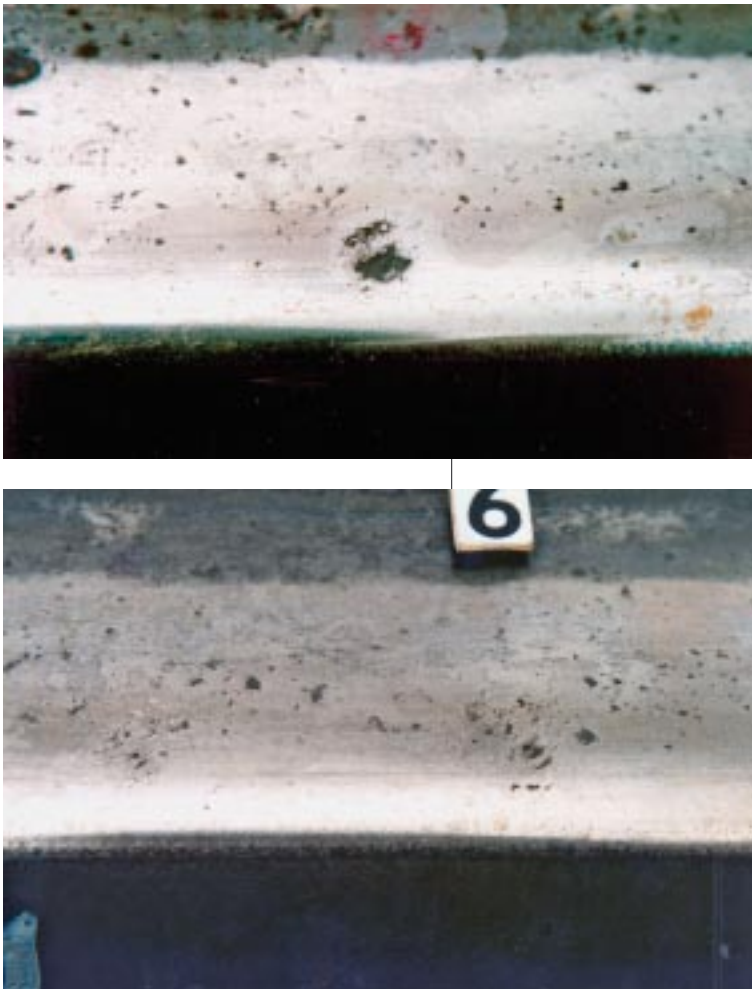


Bild 3: Belgrospi, unten: moderat, oben: extrem

3.1 Präventive Aktionen

Präventive Maßnahmen können in all jenen Fällen zur Anwendung kommen, wo noch keine Fehler erkennbar sind, wo aber ihr Entstehen auf Grund früherer Erfahrungen erwartet werden muss. Darüber hinaus kann man auch von Prävention sprechen, wenn die Erfahrung zeigt, dass das Fehlerwachstum zwischen den Interventionen unterhalb einer akzeptablen Schwelle, also zum Beispiel unter 0,2 mm bleibt.

Charakteristisch für präventives Arbeiten sind:

- häufige, jedoch leichte Interventionen und
- kumulativ höherer, aber vorhersagbarer künstlicher Verschleiß.

Präventiv wird auch beim Neulagenschleifen gearbeitet, wenn bei neuen Strecken vor Betriebsaufnahme oder im Bestandsnetz unmittelbar oder innerhalb weniger Wochen nach dem Schienenwechsel die Schienen geschliffen werden, um optimale Voraussetzungen für den Rad-Schiene-Kontakt vorzuhalten. Dabei wird in der Regel ein Materialabtrag über den gesamten Schienenkopf von 0,3 mm gefordert, als Zielfprofil wird entweder das Schienenneuprofil oder ein den lokalen Verhältnissen angepasstes Sonderprofil spezifiziert.

3.2 Korrektive Aktionen

Natürlich ist es nicht immer möglich, alle neuen Schienen zu schleifen, und auch durch perfekt geschliffene Neulagen kann nicht verhindert werden, dass

im Lauf der Zeit Oberflächen-Schädigungen auftreten. Wenn dann Schleifarbeiten notwendig sind, spricht man vom korrektiven Schleifen. Nach Beseitigung der Fehler (Fahrflächenunebenheiten, Ermüdungserscheinungen etc.) liegen wieder optimale Verhältnisse vor. Korrektive Arbeiten werden üblicherweise bei Überschreiten vorgegebener Eingriffsschwellen geplant und ausgeführt.

Charakteristisch für korrektives Arbeiten sind:

- wenige, jedoch intensive Interventionen und
- große, durch Zustandsmessung bestimmte Intervalle zwischen den Arbeiten mit längeren Perioden relativ schlechter Oberflächenzustände.

3.3 Zyklische Aktionen

Präventive Aktionen sind eigentlich nur beim ersten Schleifen neuer Schienen angebracht. Oberflächenfehler in ihrem Frühstadium sind nämlich weder ein Sicherheitsrisiko noch entwickeln sie sich schnell in ein unkontrollierbares Stadium. Das Schienenschleifen kann sehr effektiv kleine bis mittlere Materialabträge mit verhältnismäßig hohen Produktionsleistungen garantieren.

Charakteristisch für zyklisches Arbeiten sind:

- geringer Metallabtrag über den gesamten Schienenkopf (0,1 bis 0,2 mm),
- gezielter Materialabtrag an der Schädigungszone bis 0,6 mm und
- geringe Korrekturen des Querprofils innerhalb enger Toleranzen ($\pm 0,3$ mm).

4 Schleifstrategien gegen Rollkontaktermüdung

Da es sich bei der Rollkontaktermüdung um ein wiederkehrendes Phänomen handelt, kann nur eine strategische Schienepflege, also zyklische Arbeiten unter Vorgabe von Materialabträgen und Zielfprofilen, gute Oberflächenverhältnisse über die gesamte Liegedauer der Schiene gewährleisten. Dabei werden simultan die durch Materialermüdung geschädigten

Zonen regelmäßig abgetragen und das Querprofil in engen Grenzen gehalten.

4.1 Spezifikation des Querprofils

4.1.1 Bedeutung der Querprofilgeometrie

Beim Schienenschleifen wird an der Schienenoberfläche Metall abgetragen. Unregelmäßigkeiten im Längsprofil (Rifeln, Wellen) oder in der Fahrfläche (Eindrückungen) werden dadurch beseitigt. In gleicher Weise wird ermüdetes Material an der Schienenoberfläche abgetragen. Entsprechend der Fehler- oder Schädigungstiefe muss mehr oder weniger viel Material abgeschliffen werden, damit die Fahrzeugräder auf ungeschädigter Fahrfläche abrollen können. Um die Kontaktspannungen in Grenzen zu halten, müssen auch geeignete Zielprofile zur Anwendung kommen.

Das Zusammenspiel zwischen Rad und Schiene ist aus zwei Gründen bedeutsam: Es bestimmt die Übertragung hoher Kräfte in einer kleinen Fläche, und es sichert stabilen Fahrzeuglauf. Wenn die Schienenkopfgeometrie nicht optimal zur Radgeometrie passt, übersteigen die Kontaktspannungen die Dauerfestigkeitsgrenze des Schienenstahls. Als Konsequenz treten früher oder später die vorerwähnten Oberflächenanrisse auf.

Selbst im Neubaugleis sind die Bedingungen nicht immer perfekt. Toleranzen (der Schienenform, der Befestigungen usw.) können sich zum Beispiel zur negativen Seite addieren. Moderne Schienen, speziell kopfgehärtete, weisen eine extrem kleine Verschleißrate auf. Folglich passt sich ihre Kopfgeometrie nicht schnell ge-

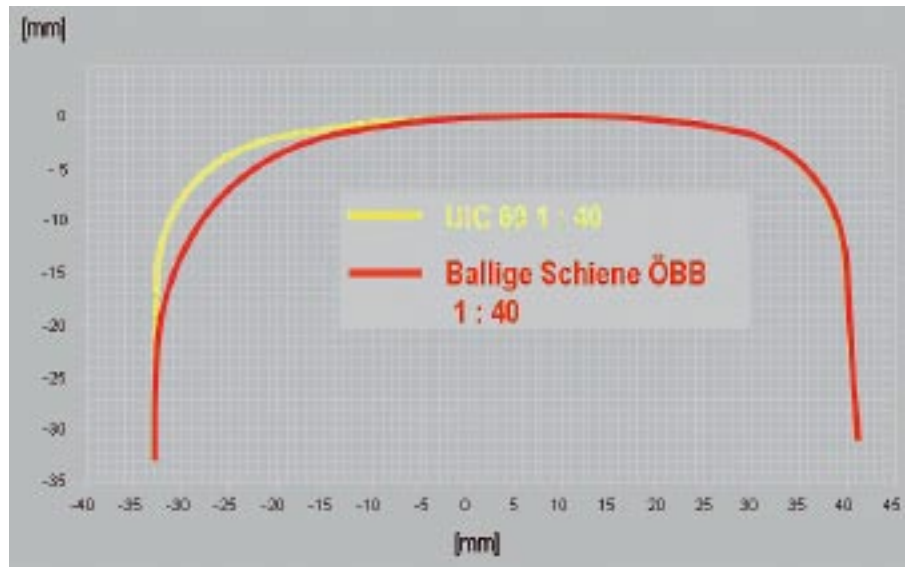


Bild 5: Profil für niedrige äquivalente Konizität

nug an die Radgeometrie an. Daher ist das Neulagenschleifen jetzt zur Standardpraxis geworden, um von Anfang an optimale Berührbedingungen sicherzustellen. Gleichzeitig werden kleine Unregelmäßigkeiten, die vom Bauprozess herrühren, wie zum Beispiel Schottereindrückungen oder kleine Unebenheiten an Schweißungen, korrigiert.

4.1.2 Anti-Headcheck-Profile

Zur Vermeidung von Rollkontaktermüdung ist ein Schienenkopfprofil erforderlich, das die Berührzone Rad/Schiene möglichst vom kritischen Bereich an der Fahrkante fernhält, beziehungsweise eine sukzessive Befahrung von der Schienenmitte her bewirkt, bis der natürliche Verschleiß eine gleichmäßige Berührzone schafft. Das Unterschleifen der Fahrkante wird bei den Schwerlastbahnen schon seit

geraumer Zeit erfolgreich praktiziert. Im Fall des Hochgeschwindigkeitsverkehrs wurde eine Veränderung der Standardprofile nur sehr zögernd in Erwägung gezogen. Allerdings werden beim Schleifen häufig enge Toleranzen von $\pm 0,3$ mm im Fahrkantenbereich vorgeschrieben.

Um adäquate Berührbedingungen zu garantieren, haben in letzter Zeit einige Bahnen spezielle Profile entwickelt, die mehr Freiraum zwischen Spurkranz und Fahrkante ermöglichen (Bild 4). Entsprechend den örtlichen Gegebenheiten wurden verschiedene Profilvarianten entwickelt. Dabei wird ein Unterschleifen der Fahrkante des sonst üblichen Standardprofils von bis zu einem Millimeter vorgeschrieben. Diese sogenannten Anti-Headcheck-Profile haben sich in der Praxis bewährt.

In Frankreich hat die SNCF zwei besondere Zielprofile zur Reduzierung von Fahrkantenermüdung spezifiziert. Das AHCP-Profil (Anti-Headcheck-Preventif) wird beim Neulagenschleifen von Headcheck-gefährdeten Schienen angewendet, oder wenn noch keine Schädigung sichtbar ist. Ist hingegen die Fahrkantenermüdung bereits aufgetreten, so kommt das AHCC-Profil (Anti-Headcheck-Correctif) zum Einsatz. Es zeichnet sich durch ein größeres Unterschleifen des Fahrkantenbereichs (1,0 mm anstatt 0,3 mm gegenüber dem Standardzielprofil 60E1 bei 1:20 Einbauneigung) aus.

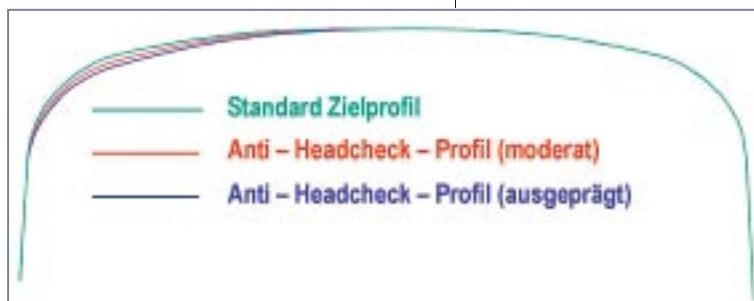


Bild 4: Prinzip für Anti-Headcheck-Profile

Auch in Holland kommt beim Infrastrukturbetreiber ProRail ein spezielles Zielprofil zum Einsatz. Es wurde vom Standard-Zielprofil 54E1 abgeleitet und weist eine Absenkung des kritischen Fahrkantenbereichs von 1 mm auf. Es wird als Profil 54E1 AHC bezeichnet (Bild 5).

Eine andere Vorgehensweise zur Vermeidung von Rollkontaktermüdung, nämlich nur negative Produktionstoleranzen bei der Herstellung der Standard-Zielprofile zu verlangen, ist im Regelwerk der DB AG vorgesehen. Abweichend von der üblichen Praxis, das Standardzielprofil 60E2 (Einbauneigung 1:40) mit symmetrischen Produktionstoleranzen von $\pm 0,3$ mm herzustellen, soll bei Headcheck-gefährdeten Schienen eine Toleranz von $+0/-0,6$ mm angestrebt werden.

4.1.3 Hochgeschwindigkeits-Profile

Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten reagieren moderne Fahrzeuge sensibler auf jegliche seitlichen Unregelmäßigkeiten. Der wesentliche Parameter für die stabile Fahrzeugfahrt ist die „äquivalente Konizität“. Die maßgebenden Einflussgrößen für diesen Parameter von der Fahrwegseite sind die Schienenprofile inklusive der Schienenneigung und die Spurweite. Für Streckengeschwindigkeiten über 200 km/h sollte die äquivalente Konizität einen Wert zwischen 0,05 und 0,3 aufweisen. Um eine ständige, aber sanfte Selbstzentrierung der Radsätze im geraden Gleis si-

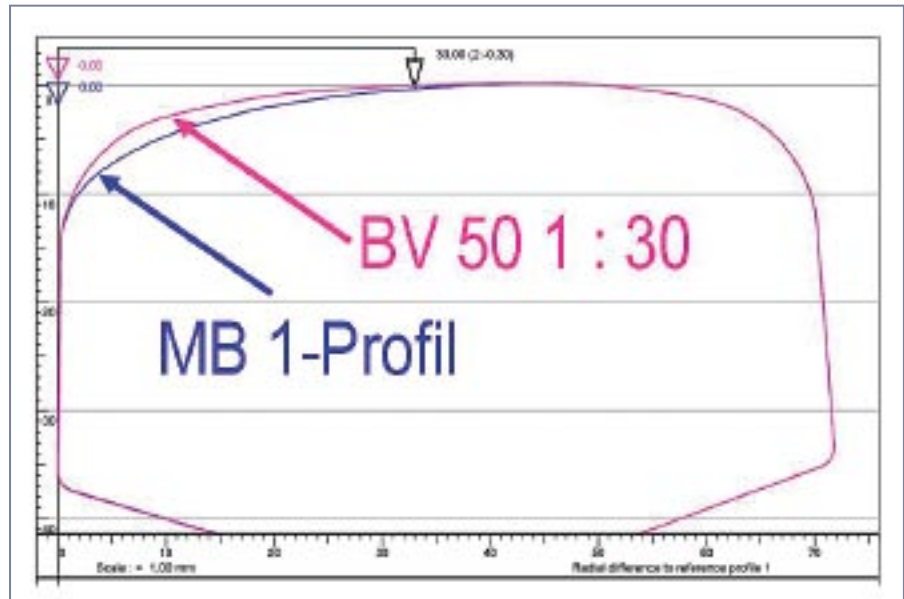


Bild 7: Zielprofil bei der Erzbahn in Schweden

cherzustellen, sollte die Spurweite relativ groß sein. Auf diese Weise werden seitliche Schlingerbewegungen gedämpft und periodisch wiederkehrende Fahrkantenanläufe, im Englischen oft als „hunting“ bezeichnet, vermieden.

Die Anwendung sogenannter Hochgeschwindigkeits-Profile, die eine niedrige äquivalente Konizität bewirken, ist eine erprobte Alternative. Die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) haben ein solch spezielles Profil für Strecken mit hohen Geschwindigkeiten entwickelt. Eine Abfolge von 130 mm Kopfradius sowie Flankenradien von 60 und 22 mm sind ideale Bedingungen für das Fahren mit hohen Geschwindigkeiten und reduzieren

gleichzeitig das Risiko von Fahrkantenermüdung (Bild 6).

4.1.4 Verschleißangepasste Profile

Einen Sonderfall eines Zielprofils gibt es von der Erzbahn (Malmabanan) in Nordschweden zu berichten. Dort führt der Verschleiß der Radlaufflächen der eingesetzten Fahrzeuge bei 25 bzw. 30 t Radsatzlast zu einem Hohlprofil, das auf Standardzielprofilen zu einer Überlastung der Fahrkante führen würde. Daher wurden spezielle Schienenprofile entwickelt, die an den Verschleißzustand der Räder angepasst sind und die Rollkontaktermüdung deutlich verzögern (Bild 7).

4.2 Spezifikation des Materialabtrags

Der Materialabtrag kann derzeit nur durch punktuelle Schienenhöhen- oder Querprofilmessungen mit dafür geeigneten Messgeräten an exakt den gleichen Messpunkten vor und nach dem Schleifen überprüft werden. Bei der Spezifikation des Materialabtrags wird daher meist eine bestimmte Anzahl von Schleifgängen der eingesetzten Schleifmaschine vorgegeben, die den gewünschten Materialabtrag sicherstellt, ohne ständige Abtrags-

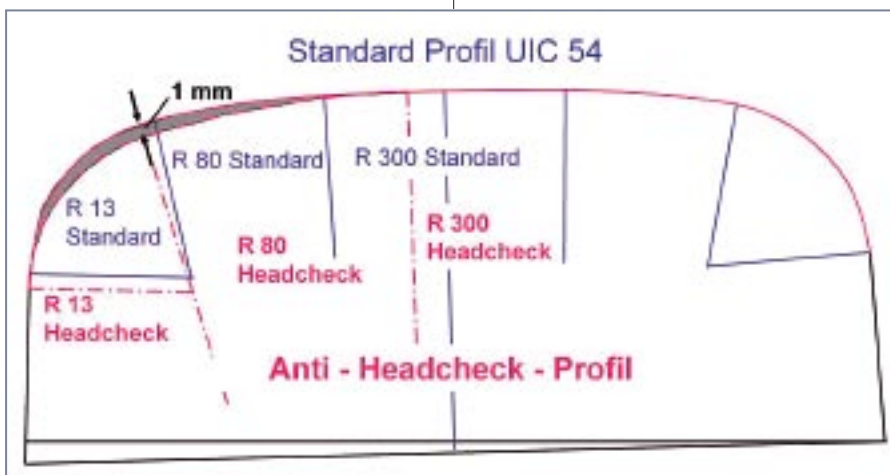


Bild 6: Anti-Headcheck-Profil ProRail 54E1 AHC

messungen durchführen zu müssen. Dieses sehr pragmatische Vorgehen garantiert eine entsprechende Reduktion der Schädigungstiefe, kann aber im Einzelfall zu starkem Unterschleifen oder nur zu einer teilweisen Beseitigung der Headchecks führen.

In den letzten Jahren ist eine neu entwickelte Prüfmethode erprobt worden, die basierend auf der Wirbelstromtechnik eine zerstörungsfreie Erkennung und Bewertung von Oberflächenrissen und Headchecks ermöglicht. Dadurch ist es nunmehr möglich, lange Abschnitte im Zusammenhang auf ihren Ermüdungszustand zu kontrollieren.

Darüber hinaus ist dieses Messverfahren von Speno International SA, Genf (Schweiz), weiterentwickelt worden und – als “Headcheck Grinding Scanner“ bezeichnet – bereits auf einigen Schleifmaschinen im Einsatz. Diese Ausrüstung ermöglicht es, den Abtrag des geschädigten Materials und letztlich die Rissbeseitigung kontinuierlich während des Schleifens zu verfolgen und auch zu dokumentieren (Bild 8).

Dadurch ist es prinzipiell möglich, solange zu schleifen, bis die Ermüdungsschäden komplett beseitigt sind. Ist der Schädigungszustand allerdings vor dem Schleifen nicht genau bekannt, entsteht eine große Planungsunsicherheit im Hinblick auf die vorzuhaltenden Sperrpausen. Ein Lösungsansatz besteht in der Vorgabe eines geschätzten Materialabtrags für eine erste Schleifintervention; die dann gemessene Restschädigung gibt entsprechende Planungswerte für einen folgenden zweiten Schleifeinsatz.

4.3 Derzeitige Schleifpraxis

Da jede Schleifstrategie von vielen Parametern beeinflusst wird, weist die internationale Praxis erhebliche Streubreite auf. Somit können hier nur generelle Richtlinien aufgezeigt werden. Die Schleifeinsätze hängen von örtlichen Strecken- und Verkehrsparametern ebenso ab, wie von operativen Gesichtspunkten und nicht zuletzt vom Wachstum der Oberflächenschädigung.

Speziell beim Start einer neuen Schleifstrategie befinden sich die Schienen in Hinblick auf die Headcheck-Situation in ziemlich unterschiedlichem Zustand. Zum Übergang auf einen stabilen Zustand gibt es im Wesentlichen zwei Ansätze:

Beim ersten wird versucht, durch einmaliges korrektives Schleifen die Rollkontaktermüdung komplett zu beseitigen. Es werden dabei Materialabtragswerte je nach Schädigungstiefe bis zu 3 mm (aus wirtschaftlichen Überlegungen geschätzter Maximalwert) gefordert. Beim Zielprofil wird auf ein ausreichendes Unterschleifen der fahrkantennahen Zone mit größeren negativen Toleranzen (maximal -1,0 mm) geachtet. Ein Einsatz von Hochleistungsmaschinen wird angestrebt, um die Anzahl der Schleifgänge zu begrenzen, auch Fräsen und Hobeln wird alternativ eingesetzt. Auf jeden Fall sollte die Bearbeitung der Headchecks messtechnisch verfolgt werden, um den Materialabtrag auf das erforderliche Minimum beschränken zu können.

Als zweite Möglichkeit wird eine stufenweise Bearbeitung mit mehreren korrektiven Aktionen ausgeführt, wenn die Schä-

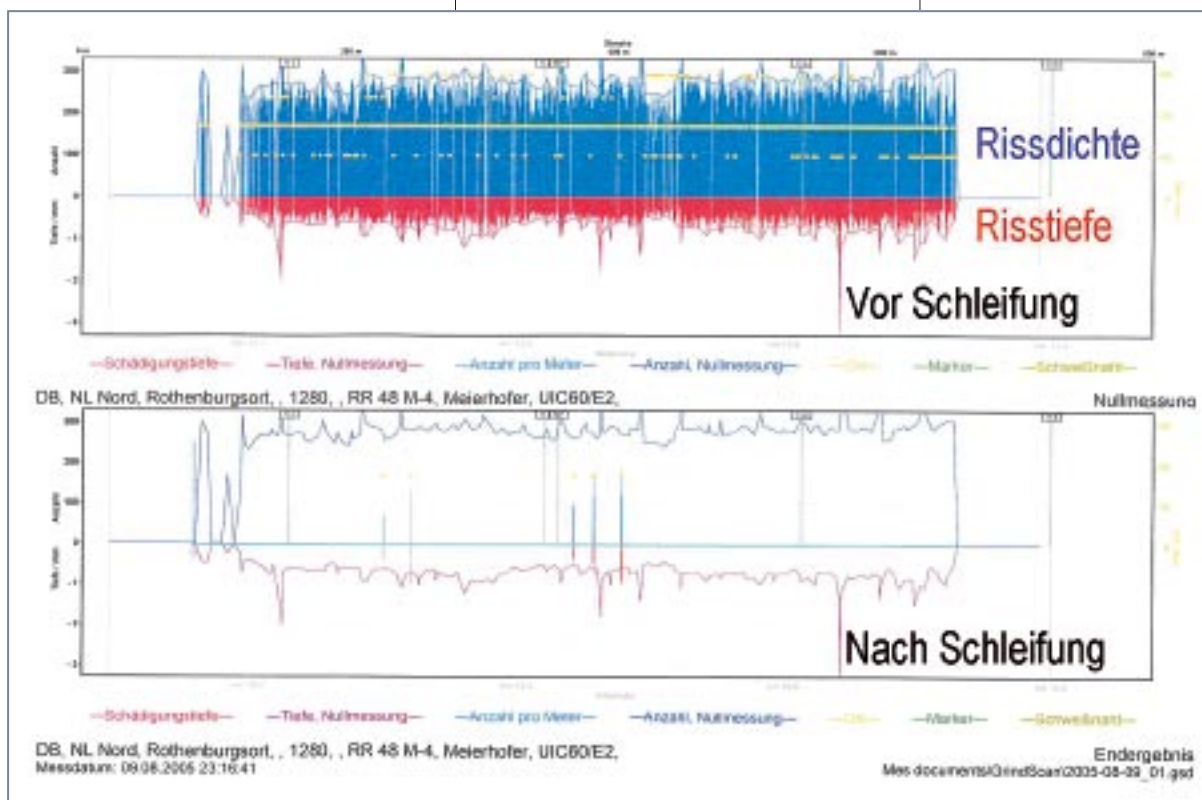


Bild 8: Ausdruck des Headcheck Grinding Scanner vor und nach dem Schleifen



Bild 9: Headchecks an der Weichenzunge

digung nicht in einem Arbeitsgang oder in einer zur Verfügung stehenden Sperrzeit komplett beseitigt werden kann. Die Arbeiten müssen allerdings so terminiert sein, dass die Schädigungstiefe in überschaubaren Grenzen gehalten wird.

In einigen Fällen wird auch nur versucht, durch Materialabtrag an der Fahrkante die ermüdete Zone zu entlasten und dadurch das Risswachstum für einen gewissen Zeitraum zu stoppen. In weiterer Folge sollen zyklische Interventionen dann die Schädigungstiefe mehr oder weniger konstant halten. Ob ein solches Vorgehen langfristig gesehen wirtschaftlich ist, wird zum Teil heftig diskutiert.

Ist die Rollkontaktermüdung jedoch komplett beseitigt und das Querprofil korrigiert, können die Schienen noch so lange im Gleis bleiben, bis durch die wiederholte Schienepflege der Verschleißvorrat vollständig aufgebraucht ist. Im günstigsten Fall wird von Liegedauern der Schiene von 40 Jahren ausgegangen.

Die moderne Schleiftechnik erlaubt nicht nur eine komplette Beseitigung der Rollkontaktermüdung. Hochleistungsmaschinen können präventive Arbeiten sogar in einer Überfahrt ausführen, wodurch auch die Betriebserschwernisse auf ein Minimum reduziert werden. Integrierte Messsysteme zur Erfassung der Headcheck-Situation sind dabei natürlich erforderlich, um die vollständige Schädigungsbeseti-

gung bei minimalem Materialabtrag zu ermöglichen.

Im Wesentlichen basieren derzeit die Vorgaben für die Schleifarbeiten zur präventiven Behandlung von Rollkontaktermüdung auf netzbezogenen Erfahrungswerten. Häufig wird dabei von einem zyklischen Materialabtrag von 0,2 bis 0,5 mm ausgegangen. Bei Schienen der Güte R260 und durchschnittlichen europäischen Betriebsbedingungen entspricht dies etwa einem zwei- bis vierjährigem Interventionsrhythmus. Beim Einsatz hochfester Schienengüten, die ein geringeres Ermüdungswachstum aufweisen, wird bei Beibehaltung der erwähnten Abtragswerte eine Verlängerung der Schleifintervalle bis auf das Doppelte erwartet.

4.4 Schienenschleifen in Weichen

Rollkontaktermüdung betrifft nicht nur die Schienen im Gleis, sondern natürlich auch die in den Weichenbereichen (*Bild 9*). Dort reagieren die Komponenten besonders empfindlich auf die erhöhten dynamischen Belastungen, die durch den Wechsel der Radsätze von den Backenschienen auf die Weichenzungen sowie auch beim Überrollen der Herzstückbereiche hervorgerufen werden. Sowohl bei starren, wie auch bei beweglichen Herzstücken können Squats und Headchecks beobachtet werden.

Viele Bahnen und Infrastrukturbetreiber setzen die Schleiftechnik seit längerer Zeit auch in Weichen ein (*Bild 10*). Dabei ist es besonders wichtig, das ideale Querprofil auch über den gesamten Weichenbereich beizubehalten. Kopfgeometrien an in Weichen üblicherweise senkrecht eingebauten Schienen, die denen der Einbauneigung der Schienen im Gleis entsprechen, sollten heutzutage eigentlich Standard sein. Auch spezielle Anti-Headcheck-Profile sind bereits erfolgreich erprobt worden.

5 Empfehlungen

Durch das Abschleifen der durch Rollkontaktermüdung betroffenen oberflächennahen Zone und die Pflege des Schienenkopfquerprofils innerhalb enger Toleranzgrenzen kann das komplexe, sicherheits-



Bild 10: Schleifen von Schienen in Weichen

relevante Ermüdungsproblem auf Dauer in den Griff bekommen werden. Letztlich bewirkt das zyklische Pflegeschleifen eine Verhinderung der Rollkontaktermüdung auf Kosten eines gesteuerten künstlichen Verschleißes. Die natürlichen Verschleißraten sind aber so gering, dass bei sorgfältiger Wahl der Materialabtragswerte und Zielprofile die Liegedauer so beeinflusst werden kann, dass die Lebenszykluskosten deutlich geringer sind als bei vernachlässigter Schienenpflege.

Schienenschleifen ist eine komplexe Instandhaltungsaktivität, die immer auch aus technischer, operativer und wirtschaftlicher Sicht zu betrachten ist. Auch eine technisch perfekte Lösung ist nutzlos, wenn sie nicht auch wirtschaftliche Vorteile bringt, oder wenn sie nur erschwert in der Praxis eingesetzt werden kann. Ein groß gewählter oder unkontrollierter Materialabtrag zur Beseitigung von Ermüdungsproblemen wird einen zu hohen künstlichen Verschleiß bedingen und in der weiteren Folge einen frühzeitigen Schienentausch.

Theoretische Studien und praktische Erfahrungen aus dem Betrieb erlauben die Festlegung von Kriterien zur Minimierung von Rollkontaktermüdung. Darauf aufbauend lassen sich drei Schleifanwendungen festlegen – Neulagenschleifen, korrektive und zyklische Aktionen – die deutlich längere Liegezeiten der Schienen im Gleis ermöglichen. Der beste Erfolg bei neuen Schienen ist durch das präventive Schleifen nach der Verlegung, gefolgt von zyklisch kontrollierten Schleifungen, zu erwarten. Bei Schienen, die bereits Ermüdungsschäden aufweisen, verspricht eine einmalige korrektive Intervention gefolgt von systematischer Schienenpflege die beste Problemlösung.

Es wird allgemein empfohlen, die Schleifaktionen so zu programmieren, dass die Rollkontaktermüdung in einem frühen Stadium, idealerweise mit Hochleistungsmaschinen in einem Arbeitsgang, beseitigt werden kann. Unter Berücksichtigung von operativen Gesichtspunkten wird ein Bearbeitungszyklus von 25 bis 50 Mio. Lasttonnen als ideal angesehen.

Ein neuerdings zur Verfügung stehendes Messsystem zur Erfassung und Dokumentation der Headcheck-Beseitigung wäh-

rend des Schleifens erlaubt eine effiziente Behebung der Materialermüdung bei minimalem Materialabtrag. Die Anwendung der aus internationalen Erfahrungen abgeleiteten Strategien in der Praxis sollte dazu beitragen, die Spezifikationen für das Bearbeiten von Schienen, die der Rollkontaktermüdung unterliegen, weiter zu verfeinern und damit eine nachhaltige Schienenpflege zur Verlängerung der Liegedauer sicherzustellen.

– A 347 –

(Indexstichworte. Infrastruktur, Instandhaltung)

(Bildnachweis: 1 bis 10, Verfasser)



Dipl.-Ing. Dr. techn.

Wolfgang Schöch (56). Studium des Bauwesens an der Universität in Innsbruck, Österreich, und Abschluss als Bauingenieur 1977. Danach zunächst im Gleisbau für die Verkehrsbetriebe München tätig, 1984 endgültiger Wechsel zu Speno International SA, Genf, Schweiz. 1988 Promotion zum Doktor der technischen Wissen-

schaften. Bei Speno in verschiedenen Funktionen, unter anderem als Anwendungstechniker und Produktionsleiter tätig. Seit 2002 als Experte der Schleiftechnik und Manager External Affairs nunmehr für die Außenbeziehungen zuständig, insbesondere bei der Mitwirkung an Forschungsprojekten und für die Vertretung von Speno bei internationalen Konferenzen und Seminaren. Anschrift: Speno International SA, 26, Parc Château-Banquet, 1211 Genf 21, Schweiz. E-Mail: ws@speno.ch