

Schienenpflege – Entwicklung, Beispiele, strategische Ausrichtung

Die Schleiftechnik hat sich in den vergangenen dreißig Jahren deutlich weiterentwickelt, heute kann mit Schienenschleifen sogar die Headcheck-Bildung verzögert werden.

Wolfgang Schöch

Unter „Schienenpflege“ versteht man die regelmäßige Schienenbearbeitung, im Wesentlichen durch Schienenschleifen. Dabei werden durch Materialabtrag Schienenoberflächenfehler beseitigt, die Ebenheit im Längsprofil hergestellt und gleichzeitig das Querprofil optimiert. Dies sollte bei minimal notwendigem Materialabtrag zur größtmöglichen Ausnutzung des Schienenmaterials führen. Da Schienen im Gleis und in Weichen aus demselben Material bestehen und dieselben Belastungen ertragen, bezieht sich die Schienenpflege gleichermaßen auf Gleise und Weichen.

Die dabei eingesetzte Technologie, in unserem Fall Schleifzüge und Schleifmaschinen, ist das Mittel zum Zweck: Durch die geschickte Wahl der Arbeitsparameter „Schleifwinkel – Anpressdruck – Arbeitsgeschwindigkeit“ kann jedes spezifizierte

Produkt hinsichtlich Materialabtrag und Zielprofil der Örtlichkeit angepasst, also flexibel hergestellt werden.

Die nachstehenden Ausführungen umfassen drei Teile:

- Im ersten Teil wird die Entwicklung der Schienenbearbeitung in den letzten dreißig Jahren vorgestellt.
- Der zweite Teil befasst sich beispielhaft mit der Behandlung von Oberflächenermüdung, die einen stetig steigenden Bedarf für die Schienenbearbeitung erforderlich macht.
- Zum Schluss wird auf die in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnende strategische Ausrichtung der Wartungsmaßnahmen eingegangen.

Entwicklung der Schienenbearbeitung

Ursprünglich, und etwa bis in die frühen 1980er Jahre, bezog sich die Schleifpraxis ausschließlich auf die Bearbeitung des Längsprofils. Im Wesentlichen wurden Riffel und Schlupfwellen beseitigt, mit dem angenehmen Nebeneffekt einer Lärm-Reduktion. Die Bearbeitung des Querprofils spielte eine untergeordnete Rolle. Fixe Schleifmotoren erforderten eine hohe Anzahl von Schleifüber-

fahrten. Die damals geringen Produktionsleistungen und nur beschränkt zur Verfügung stehenden Budgets gaben der Schleiftechnik den Anschein einer „exotischen Technologie“.

Auch noch in den 1980er Jahren war bei Ausführung und Überwachung der Schleifarbeiten das auf der Baustelle anwesende Bahnpersonal für die Vorgabe der Schleifkriterien und Wahl der Schleifgänge zuständig. Die Entwicklung schwenkbarer Schleifmotoren trug zur Produktionssteigerung, weniger Schleiffahrten bei flach gefahrenen Schienen, wesentlich bei. Beim Querprofil begnügte man sich mit einer Verbesserung. Durch das Schleifen sollte das Profil dem Neuprofil nur angenähert werden. In dieser Zeit begann auch die Entwicklung von manuellen Messgeräten für das Querprofil, das Schleifen von Schienen in Weichen und die Diskussion bezüglich Zielprofilen und Produktions-Toleranzen. In den 1990er Jahren setzte sich die computerisierte Steuerung der Schleifmaschinen durch. Neue Hochleistungsmaschinen erlauben höhere Produktionsleistungen. Kontinuierliche, maschinen-integrierte Querprofilmess-Systeme wurden entwickelt. Die Bedeutung des Querprofils wurde erkannt und entsprechende Spezifikationen eingeführt. Schleifspezifikationen wurden erarbeitet und auch auf europäischer Ebene diskutiert (CEN – Comité Européen pour la Normalisation). Immer häufiger wurden spezielle Zielprofile angewendet. Heute – oder modern ausgedrückt „state



Abb. 1: Ziele der Schienenpflege



Abb. 2: Mittel zum Zweck: Schleifzüge

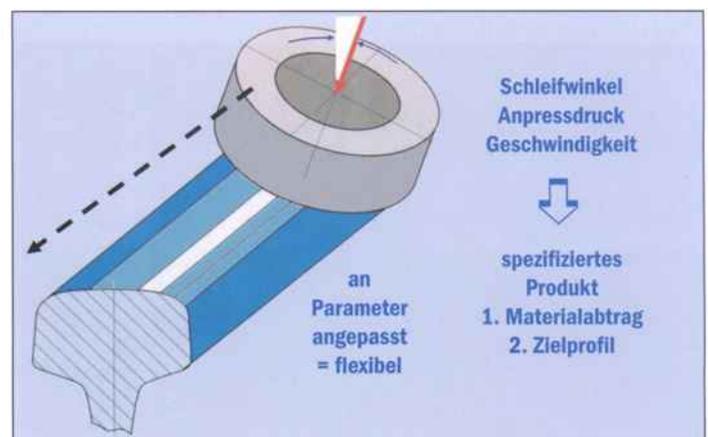


Abb. 3: Systematik des Schienenschleifens



Abb. 4: Schleifpraxis vor 1980



Abb. 5: Schleifpraxis in den 1990er Jahren

of the art" – ist es selbstverständlich, dass Schleifarbeiten nach genauen Spezifikationen selbständig ausgeführt und durch kontinuierliche Messungen im Längs- und Querprofil kontrolliert und für die Abnahmeprotokolle dokumentiert werden. Die möglichen Produktionsleistungen moderner Maschinen sind weiter gestiegen und erreichen dank flexibler Arbeitsgeschwindigkeiten bis 10 km/h neue Spitzenwerte. Wirbelstrom-Prüfgeräte zur Messung von Häufigkeit und Tiefe von Ermüdungsrisen wurden weiterentwickelt und sind bereits auf einigen Schleifmaschinen im Einsatz.

Headcheck-Schleifen – Beispiel einer modernen Anwendung

Das Zusammenspiel Rad-Schiene ist we-

sentlich für Lastabtragung und Fahrzeugführung. Entsprechende Profile stellen die Selbstzentrierung der Radsätze in der Geraden und eine annähernde Radialstellung im Bogen sicher. Zunächst wurde daher als Ziel der „Reprofilierung“ die Annäherung an das Walzprofil im Bereich von -70° an der Fahrkante bis +5° nach außen angestrebt. Die Kontaktzone ist ein sehr komplexer Bereich, berühren doch die im Drehgestell vor- und nachlaufenden Radsätze die Schiene im Bogen unterschiedlich und bewirken verschiedene Fahrspiegellagen und Belastungszonen, wodurch es häufig zur Fahrkanten-Überlastung kommt. Rollkontakt-Ermüdung, im Englischen „Rolling Contact Fatigue“ (RCF) ist ein weit verbreitetes Phänomen. Die kritische Kontaktzone an der Außenschiene bil-

det schnell Oberflächenrisse, sogenannte Head-Checks aus. Lage, Distanz, Größe, Eindringtiefe und -winkel variieren entsprechend der Belastung des Materials und so stellt sich Rollkontakt-Ermüdung als sehr komplexe Erscheinung dar. In einem Langzeitversuch, der unter dem Namen „Betriebsversuch Würzburg“ bekannt geworden ist, wurden gemeinsam von der DB AG und Speno International Möglichkeiten zu einer effizienten Bearbeitung von gefährdeten Bereichen studiert. Es wurden 20 jeweils 100 m lange Versuchsabschnitte mit je zwei Messpunkten eingerichtet. Die erste Versuchsphase im Zeitraum Oktober 1996 bis Dezember 1999 befasste sich mit der Wahl des idealen Zielprofils und günstiger Produktionstoleranzen zur Minimierung des Risikos der Bildung von



Abb. 6: Moderne Schleifmaschinen für Strecke und Weichen



Abb. 7: Headchecks an der Fahrkante



Abb. 8: Fahrkantenermüdung

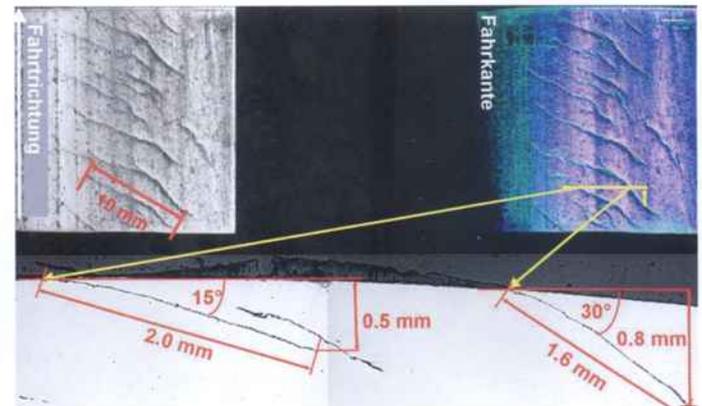


Abb. 9: Rissgeometrie (R260)



Abb. 10: Zusammenhänge für die Entwicklung einer Schleifstrategie

Head-Checks. Es wurde deutlich, dass das Standard-Zielprofil dem sich einstellenden Verschleißprofil ziemlich genau entspricht, Minus-Toleranzen vorteilhaft, Plus-Toleranzen aber auszuschließen sind. Bei kopfgehärteten Schienen wurde ein geringeres Ermüdungswachstum beobachtet.

Die zweite Versuchsphase im Zeitraum Januar 2000 bis April 2006 befasste sich mit der Ermittlung eines günstigen Schleifzyklusses mit den entsprechend erforderlichen Materialabträgen. Dabei waren verschiedene Zusammenhänge zu berücksichtigen: Headcheck-Wachstum und Verschleiß-Entwicklung einerseits, Metallabtrag und Schleifzyklus andererseits. Darüber hinaus sind auch operative Gesichtspunkte wie Zeit, Kosten und Betriebserfordernisse zu beachten.

Die Schlussfolgerung war, dass zunächst die vorhandene Oberflächenermüdung durch eine korrektive Aktion beseitigt werden sollte. Der Metallabtrag an der Fahrkante muss daher der Fehlertiefe entsprechen (also etwa im Bereich 0,6-3,0 mm), die maximale negative Toleranz kann bis 1,0 mm betragen. Anschließend sollten kontrollierte Aktionen folgen. Der Metallabtrag in Schienenmitte sollte dabei generell 0,1 mm betragen, der Metallabtrag an der Fahrkante entsprechend der Fehlertiefe 0,2-0,6 mm. Ferner wurde der Vorschlag gemacht, als Zielprofil ein Anti-Head-Check-Profil zu wählen, das dem Standardprofil 60E2 mit 0,6 mm Fahrkanten-Unterschleifung entspricht. Als Produktionstoleranz sollte dann die für hohe Anforderungen vorgeschriebenen +/- 0,3 mm gewählt werden.

Versuche und Überlegungen zum Thema

Oberflächenermüdung bei anderen europäischen Bahnen brachten ähnliche Resultate. So hat in den Niederlanden der Infrastrukturbetreiber ProRail ein spezielles Zielprofil „U54E1 AHC“ (ex UIC54) entwickelt, das in regelmäßigen Zyklen geschliffen wird. In Frankreich hat die SNCF zwei unterschiedlich ausgeprägte Anti-Headcheck-Profile „AHCP“ (für Präventivschleifen) und „AHCC“ (für Korrektivschleifen) spezifiziert. Auch hier ist zyklisches Schleifen in Zukunft vorgesehen. In Österreich haben die ÖBB ein spezielles Profil „Ballige Schiene“ entwickelt, das neben einer niedrigen äquivalenten Konizität auch eine deutlich reduzierte Headcheck-Bildung garantiert.

Strategische Ausrichtung

Schienenoberflächenfehler sind wiederkehrende Erscheinungen. Daher kann die Schleiftechnik ihre Stärke nur dann ausspielen, wenn sie nicht sporadisch bei besonderem Bedarf angewendet wird, sondern strategisch geplant ist.

Es lassen sich grob drei Schleif-Strategien unterscheiden:

- präventive Aktion: Schleifen bevor Schädigungen entdeckt werden, zum Beispiel Neulagen-Schleifen und zyklisches Schleifen ohne Fehlermessung,
- korrektive Aktion: Entfernung mehr oder weniger schwerer, gemessener Fehler und
- zyklisch kontrollierte Aktion: Fehlerbeseitigung in einem frühen (gemessenen) Stadium unter optimalen Betriebsbedingungen.

Zur Beseitigung von Riffeln und Schlupf-

wellen werden häufig Messungen der Schädigungstiefe zur Programmierung von Schleifarbeiten herangezogen. Bei Erreichen bestimmter Eingriffsschwellen werden dann die betroffenen Abschnitte bearbeitet. Bei strikter Einhaltung fixierter Grenzwerte kommt es dabei oft zu Arbeitsprogrammen, die sich aus einer Vielzahl kurzer Abschnitte über große Entfernungen verstreut zusammensetzen. Bei flexibler Handhabung der Grenzwerte und Programmierung von Schleifarbeiten im Zusammenhang lassen sich strategisch wirtschaftliche Einsparungen erzielen.

Gerade beim Vorhandensein von Riffeln und Schlupfwellen sollten Gleisdurcharbeitungen nur im Zusammenhang mit Schleifarbeiten geplant werden, da die Fahrflächenunebenheiten auch nach dem Stopfen weiterhin hohe dynamische Kräfte und unkontrollierte Vibrationen verursachen und damit zu einer neuerlichen raschen Verschlechterung der Gleislage beitragen und somit vorzeitige Stopfarbeiten erforderlich machen.

Speziell bei der Bearbeitung von Fahrflächen- und Fahrkantenermüdung besteht beim strategisch geplanten Vorgehen ein großes Einsparungspotenzial. Moderne Schleifzüge können ihre große Produktionskapazität besonders bei langen, zusammenhängenden Abschnitten ausspielen. Werden Schleifeinheiten gekuppelt, ist es möglich, schon in einer Überfahrt den gewünschten Materialabtrag herzustellen, Hochleistungsmaschinen schaffen dies bis zu einer Geschwindigkeit von 10 km/h. Drei Beispiele sollen im Folgenden die

Neulagenschleifen bzw. Korrektive Aktion:	
Metallabtrag an Fahrkante:	Fehlertiefe 0,6 - 3,0 mm max. negative Toleranz: - 1,0 mm
Kontrollierte Aktionen:	
Metallabtrag in Schienenmitte:	generell 0,1 mm
Metallabtrag an Fahrkante:	Fehlertiefe 0,2 - 0,6 mm
Vorschlag	
Anti-Headcheck-Profil:	60E2 mit 0,6 mm Unterschleifung (Produktionstoleranz +/- 0,3 mm)

Abb. 11: Empfohlene Schleifstrategie bei Fahrkantenermüdung

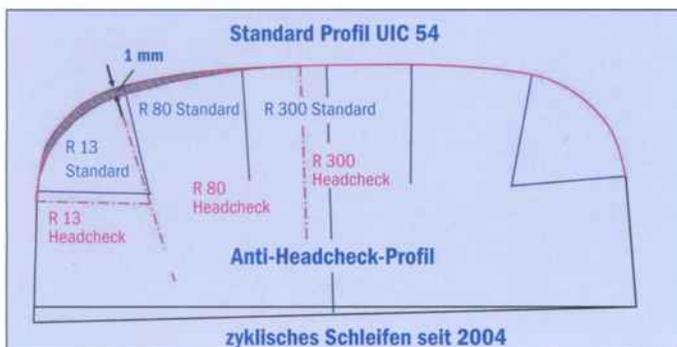


Abb. 12: Beispiel eines Anti-Headcheck-Profiles (ProRail - Niederlande)

Präventive Aktionen:	
Schleifen bevor Schädigungen entdeckt werden	
- Neulagenschleifen	
- zyklisches Schleifen (ohne Messung)	
Korrektive Aktionen:	
Entfernung von (mehr oder weniger schweren) gemessenen Fehlern	
Zyklisch kontrollierte Aktionen:	
Fehlerbeseitigung in einem frühen (gemessenen) Stadium unter optimalen Betriebsbedingungen	

Abb. 13: Übersicht über Schleifstrategien



Abb. 14: Zusammenhang Gleisdurcharbeitung – Schienenschleifen

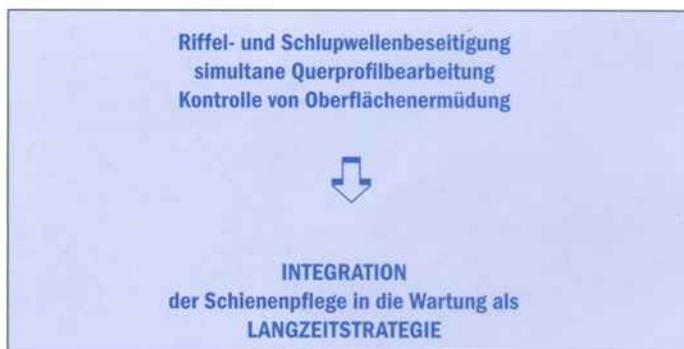


Abb. 15: Entwicklung des Schienenschleifens

Möglichkeiten strategischer Ausrichtungen verdeutlichen.

Beispiel 1:

Beim abschnittswisen Korrekturschleifen (Materialabtrag über den gesamten Kopf 0,3 mm und zusätzlich 1 mm an der Fahrkante) schafft eine konventionelle Schleifmaschine RR32M bei 250 m langen Abschnitten und den erforderlichen Umsetz- und Wartezeiten etwa 450 Fertigmeter pro Stunde. Mit geschätzten Gesamtkosten (inklusive Planung, Sicherung, Schleifung, etc.) von 26000 EUR pro Schicht und durchschnittlichen betrieblichen Bedingungen können bei einem solchen Einsatz etwa 2700 m zu einem Preis von etwa 9,60 EUR/m fertig gestellt werden. Bei einer strategischen Planung von 1000 m langen Abschnitten erhöht sich die Stundenleistung auf 650 m Fertigschliff, die Schichtleistung auf 3900 Fertigmeter, und dies zu einem Preis von nunmehr 6,70 EUR/m fertig.

Beispiel 2:

Beim Präventivschleifen im Zusammenhang (Materialabtrag über den gesamten Kopf 0,3 mm) schafft die konventionelle Schleifmaschine RR32M bei 250 m langen Abschnitten circa 900 Fertigmeter pro Stunde, bei 1000 m-Abschnitten bereits 1300 Fertigmeter. Zu denselben Bedingungen wie im vorherigen Beispiel können 5400 m pro Schicht zu einem Preis von 4,80 EUR/m fertig (viele kurze Abschnitte) oder 7800 m pro Schicht zu einem Preis von 3,30 EUR/m fertig (wenige lange Abschnitte) fertig gestellt werden. Hier kommt neben der Länge der Einzelabschnitte besonders auch der Vorteil der Präventivmaßnahme zur Geltung – wesentlich mehr Streckenabschnitte mit geringerem Schleifaufwand können gepflegt werden.

Beispiel 3:

Das letzte Beispiel gibt einen Vergleich derzeitiger Schleifpraxis mit futuristischen Überlegungen, die aber durchaus in praktischer Reichweite sind. Beim derzeitigen abschnittswisen moderaten Korrekturschleifen (Riffel, Headchecks und dergleichen) stellt eine konventionelle Schleifmaschine (RR32M) etwa 5840 m pro Schicht fertig. Annahme: 500 m-Abschnitte, 800 m

fertig/8 Stunden Einsatz, 60 % Produktivzeit = 4,8 Stunden, Gesamtkosten inkl. Planung, Sicherung, Schleifung 26000 EUR/Schicht. Der Fertigmeterpreis beläuft sich auf 6,77 EUR.

Beim Wechsel zum durchgehenden strategischen Pflegeschleifen (zyklisch nach 60 MioLt = alle 3 Jahre bei gutem Querprofil mit 0,3 mm Abtrag (Headchecks, Riffel) mit zwei gekuppelten Hochleistungs-Schleifmaschinen 2 x RR48M mit einer Überfahrt über unbegrenzte Abschnitte können 31000 Fertigmeter pro Schicht erzielt werden. Gleiche Zeitannahme wie oben (8 Stunden Einsatz, 60 % Produktivzeit = 4,8 Stunden), allerdings geschätzte Gesamtkosten (Planung, Sicherung, Schleifung) von 2 x 32000 = 64000 EUR pro Schicht. Der Fertigmeterpreis beläuft sich somit auf 2,07 EUR oder 0,69 EUR pro Jahr bei dreijährlichem Zyklus.

Mit einer solchen Strategie und eingesetztem Werkzeug ließen sich bei 215 Jahres-Schichten 6667 km x 3 = 20000 km pflegen.

Zu den gleichen Bedingungen könnte man alternativ nur 0,2 mm Metallabtrag pro Einsatz planen, aber dies in zweijährlichem Zyklus leisten. Die Kosten wären die glei-

chen (höhere Stundenleistung bei geringerem Materialabtrag), die Qualität über die Zeit – ständig ideale Oberflächenverhältnisse – aber ein zusätzlicher Gewinn.

Schlussbemerkungen

Die Schleiftechnik hat in den vergangenen dreißig Jahren eine deutliche Weiterentwicklung erfahren. Diese ist aber erforderlich, um den ständig wachsenden Anforderungen an die Schienenpflege zu entsprechen. Heute ist die Ermüdungsproblematik dominant. Durch die Anwendung geeigneter Zielprofile und Produktionstoleranzen kann die Headcheck-Bildung zwar verzögert werden, in den Griff zu bekommen ist sie jedoch nur durch strategisch geplante Einsätze. Mit diesen und der entsprechend gewählten Schleiftechnik lassen sich darüber hinaus auch noch beachtliche Kosteneinsparungen realisieren.



Dr. Wolfgang Schöch
Manager External Affairs
Speno International SA
ws@speno.ch

Summary

Rail care – evolution, examples, strategic orientation

What is meant by "rail care" is the regular treatment of rails, primarily by rail grinding. The removal of material serves to eliminate rail surface faults, ensure an even longitudinal profile and at the same time optimise the lateral profile. Since track and switch rails are made of the same material and are subject to the same stresses, rail care covers track and switches in equal measure. The technology utilised – in this case rail grinding trains and machines – is the means to achieve the end: through a judicious choice of working parameters – the angle, pressure and speed of the grinding operation – any specified product can be flexibly manufactured, i.e. adapted to local requirements in terms of material removal and target profile. The article describes the evolution of rail treatment over the last thirty years, looks at examples of treatment of surface fatigue, a source of ever growing demand for rail treatment, and discusses the issue of strategic orientation of the related maintenance operations, which will assume growing importance in the future.



Sonderdruck aus EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 6/2008.
DVV Media Group GmbH | Eurailpress
www.eurailpress.de/ei