

Effizienzsteigerung durch Innovation bei der Messtechnik – Messdaten, Auswertung und Anwendung

Dieser Artikel schildert die Verbesserung der Erneuerungs- und Instandhaltungsstrategie für Gleiskomponenten durch Messung des Schienenprofils und der Gleisgeometrie. Er zeigt auf, wie Schienenprofil- und Gleisgeometriemessungen die Erneuerungs- und Instandhaltungsstrategie für Gleiskomponenten verbessern können.

1. SCHIENENNEULAGE

2012 präsentierte Infrabel eine Methodik bei der Prioritäten für die Schienenneulage anhand von objektiven, messbaren Daten berechnet werden [1, 2]. Diese Methode kombiniert die vertikale Schienenabnutzung mit der Konzentration der Schienendefekte¹⁾. Die vertikale Schienenabnutzung ist eine der Eigenschaften, die mit dem Messwagen EM130 von Infrabel gemessen wird. Um die Konzentration der Schienendefekte zu bestimmen, präsentierte Infrabel 2004 ein Managementsystem für alle Schienenfehler und Schienenbrüche (RADEMAS = RAIL DEFECTS MANAGEMENT SYSTEM). Dies ermöglicht es, für jeden Gleiskilo-

1) Die Konzentration der Schienendefekte wird als die durchschnittliche Fehleranzahl während eines Zeitraums von 5 Jahren berechnet. Die Berechnung erfolgt jedes Jahr und pro homogenem Gleisabschnitt von 1 km Länge.

meter die durchschnittliche Fehlerkonzentration zu berechnen. In dieser Berechnung sind nicht nur die bestehenden Schienenfehler enthalten (mit Ausnahme von Korrosionsschäden nach UIC 254), sondern auch die bereits vor Ort behobenen Schienenfehler, da sie eine Unstetigkeit bzw. einen Schwachpunkt im Gleis darstellen.

Durch die Kombination der vertikalen Schienenabnutzung mit der Konzentration der Schienenfehler kann eine erste Entscheidungstabelle erstellt werden, in der vier Kategorien für Prioritäten bei der Schienenneulage definiert werden. Die Prioritäten für die Schienenneulage werden dann zusätzlich einer höheren oder niedrigeren Priorität zugeordnet, indem man die Konzentration der Schienenfehler des letzten Jahres berücksichtigt. Wenn man diese zwei Eigenschaften als Auswahlkriterium anwendet, erhält man eine einfache Tabelle mit



Ing. Johan Vekemans
Infrabel SA, Brüssel
johan.vekemans@infrabel.be



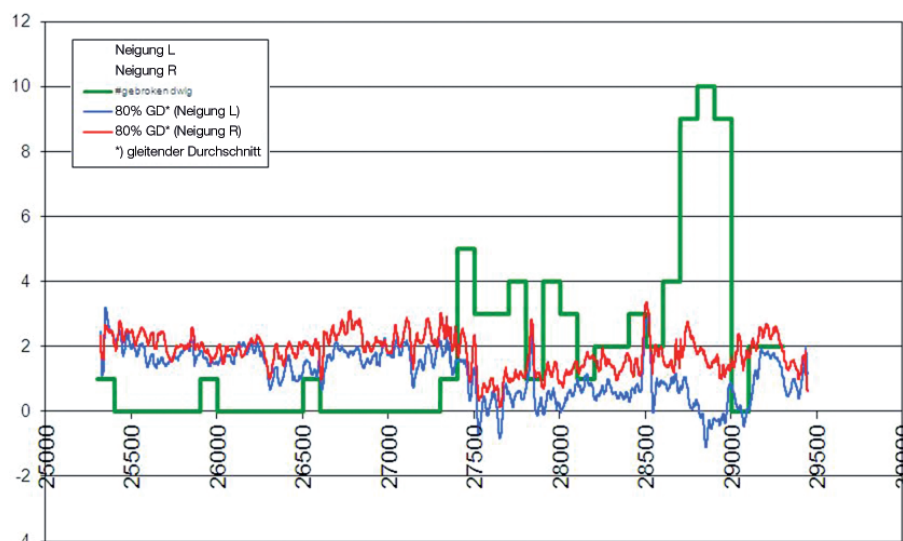
ir. José Agache
Infrabel SA, Brüssel
jose.agache@infrabel.be



ir. Tim Vernailen
Infrabel SA, Brüssel
tim.vernailen@infrabel.be

BILD 1: Anzahl der gebrochenen Schwellen pro 100 m vs. Schienenneigung

Schienenneigung <=> gebrochene Schwellen L73 P93 20/8/12



Gleisabschnitten, die nach absteigenden Prioritäten bei der Schienenneulage sortiert sind. Um den allgemeinen Zustand der Schieneninfrastruktur zu verbessern, wird der Schienenneulage auf Gleisen der UIC-Kategorien 1 bis 4 besondere Aufmerksamkeit geschenkt, wobei man besonders bemüht ist, die Schienenabschnitte zu homogenisieren. Auf einer homogenen Schieneninfrastruktur kann z.B. das Schienenschleifen viel einfacher geplant werden.

2. SCHWELLENUMBAU

Da es noch kein Messsystem gibt, um den technischen Zustand von allen Schwellentypen zu bestimmen, musste ein anderer Ansatz gefunden werden. Die Lösung: man interpretiert die Schienenneigung als ein indirektes Maß für den Schwellenzustand.

Extremwerte der Schienenneigung, sowohl

zur Gleismitte hin als auch von der Gleismitte weg, ermöglichen das Bestimmen jener Schwellen, die sich im schlechtesten Zustand befinden. Hohe Werte der Schienenneigung (nach innen) deuteten auf alte Eichenschwellen hin, wo die Schienen durch schmale Unterlagsplatten befestigt sind. Auf der anderen Seite wiesen niedrige Werte der Schienenneigung, sogar mit negativen Extremwerten, auf schadhafte alte Zweiblock-Betonschwellen des Typs Franki-Bagon²⁾ hin. Dieser Schwellentyp besteht aus drei Betonteilen, die durch Nachspannen verbunden sind. Niedrige Werte der Schienenneigung deuten auf den Verlust der Nachspannung sowie der Kohärenz der Schwellen hin und sind somit auch ein Zeichen dafür, dass die Schwellen erneuert werden müssen.

Während des Schwellenumbaus im August 2012 erwies sich dieses Prinzip als brauchbar für eine Generalisierung. In Bild 1 stellt die grüne Linie die Anzahl der Schwellen pro 100 m dar, die unter dem Schwellenneubauzug brachen und in der Folge händisch entfernt werden mussten. Die rote und blaue Linie zeigen die Schienenneigung zur linken bzw. zur rechten Seite. Es gibt einen eindeutigen und beträchtlichen Anstieg bei der Anzahl der gebrochenen Schwellen, wenn der Mittelwert einer der beiden Schienenneigungen unter 1 Grad fällt (siehe blaue Linie). Die Sollschienenneigung in unserem Fall beträgt 1/20 oder anders ausgedrückt 2,86°. Bild 1 zeigt auch, dass eine geringfügige Abweichung der Sollschienenneigung nicht bedeutet, dass die Schwellen gebrochen sind. Schließlich ist auch auf dem Gleisabschnitt mit sehr wenigen gebrochenen Schwellen (linke Hälfte in Bild 1) die durchschnittliche Schienenneigung systematisch geringer als der Sollwert von 2,86°. Aber offensichtlich kann die Struktur der Schwellen diese Art von Schienenneigungen tragen, ohne zu brechen.

Nach jeder Messkampagne mit dem Messwagen EM130 wird eine aktualisierte Karte für die Gleisstandhaltungs- und Gleiserneuerungstechniker veröffentlicht, in der die gemessene Schienenneigung angegeben ist. Diese Karte ermöglicht es, beim Schwellenumbau Prioritäten zu setzen.

3. SCHIENENINSTANDHALTUNG

Nicht nur die Erneuerungsstrategie hat nachweislich von der Messung des Schienenprofils und der Gleisgeometrie profitiert. Auch ein wichtiger Teil der Schieneninstandhaltung hat sich aufgrund des unten beschriebenen Fallbeispiels verbessert.

Während Homologationsfahrten mit einem

2) Zwischen 1955 und 1981 wurden auf dem Netzwerk von Infrabel „Franki-Bagon“-Schwellen verwendet.

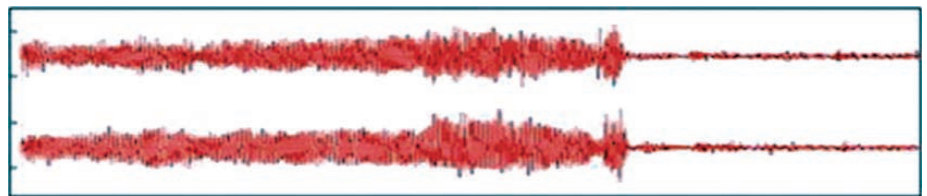


BILD 2: Querbeschleunigung von 2 Drehstellen auf der Hochgeschwindigkeitsstrecke L2 vs. Zeit

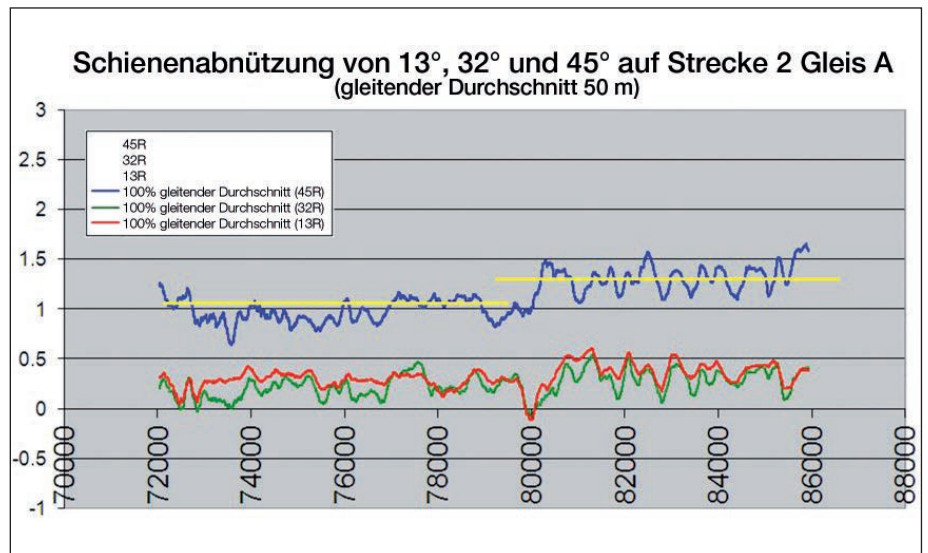


BILD 3: Schienenabnutzung auf Hochgeschwindigkeitsstrecke 2

Doppelstockwagen der Type M6 wurden von Kollegen der SNCB (rollendes Material) an einer bestimmten Weiche auf Infrabels Hochgeschwindigkeitsstrecke Ost L2 plötzlich auftretende Schwankungen in der Querbeschleunigung bei den Drehstellen gemessen (siehe Bild 2). Obwohl die Amplituden weit unter alarmierenden Werten lagen, war diese Änderung trotzdem deutlich genug ausgeprägt, um eine Untersuchung einzuleiten. Nach einer schwierigen Suche wurde man bei einer sehr subtilen, aber eindeutigen Verschiebung der Schienenabnutzung über 45° fündig. Dies wird in Bild 3 deutlich (rote Linie). Die Verschiebung ist eindeutig, beträgt aber nur zwei Zehntel eines Millimeters.

Diese Schienenabnutzung von 45° führte zur Überlegung, die äquivalente Konizität weiter zu untersuchen, da der Kontaktpunkt zwischen dem Rad und der Schiene sich sehr oft im Bereich von 45° befindet (siehe schematisches Bild 4).

Tatsächlich zeigt das Diagramm der äquivalenten Konizität auf diesem bestimmten Gleisabschnitt ebenfalls diese klare Verschiebung an der gleichen Stelle (siehe roter Pfeil, Bild 5).

Nachdem wir dieses Phänomen nur reproduziert, aber immer noch nicht erklärt hatten, erforschten wir die Instandhaltungsgeschichte dieser Strecke weiter. Wir fanden heraus, dass im Jahr 2012 das Schienenschleifen bis zu KP80 von Unternehmen A und ab KP80

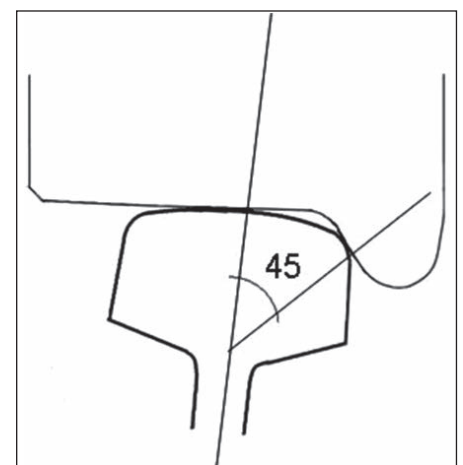


BILD 4: Schienenabnutzung über 45° verglichen mit dem Radaufstandspunkt

von Unternehmen B durchgeführt wurde. Es muss mit Nachdruck gesagt werden, dass bei der Abnahme der Schleifarbeiten statistisch belegt wurde, dass die Schleifarbeiten beider Unternehmen hinsichtlich aller technischer Spezifikationen und Toleranzen zufriedenstellend waren. Man fand jedoch einige sehr feine bauliche Unterschiede. Die Bilder 6 und 7 zeigen die tatsächlich gemessenen Schienenprofile beider Unternehmen nach dem Schleifen im Vergleich zum Sollschienenprofil.

Sie können sehen, dass bei Unternehmen A (Bild 6) das rote gemessene Schienenprofil et- »

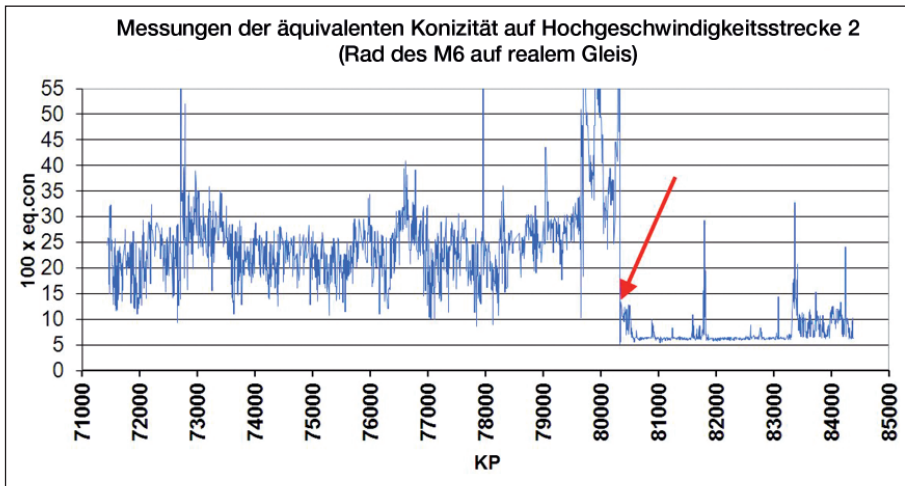


BILD 5: Äquivalente Konizität (3 mm) auf der Hochgeschwindigkeitsstrecke 2

TABELLE 1: Äquivalente Konizität für verschiedene Kombinationen von Rad- und Schienenprofilen

	S1002 abgenützt	S1002 neu	TGV 1/40	M6	EPS
UIC60	0,38	0,01	0,02	0,46	0,32
AHCP	0,38	0,01	0,02	0,46	0,28
OEC	0,14	0,01	0,02	0,15	0,16
AHCC	0,24	0,01	0,02	0,28	0,26

BILD 6: Geschliffenes Schienenprofil (rot) vs. Sollschieneprofil (blau) für Unternehmen A

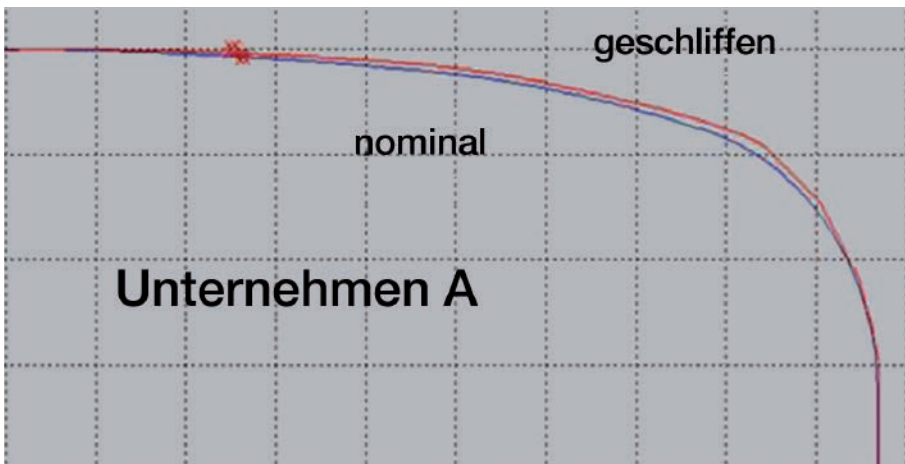
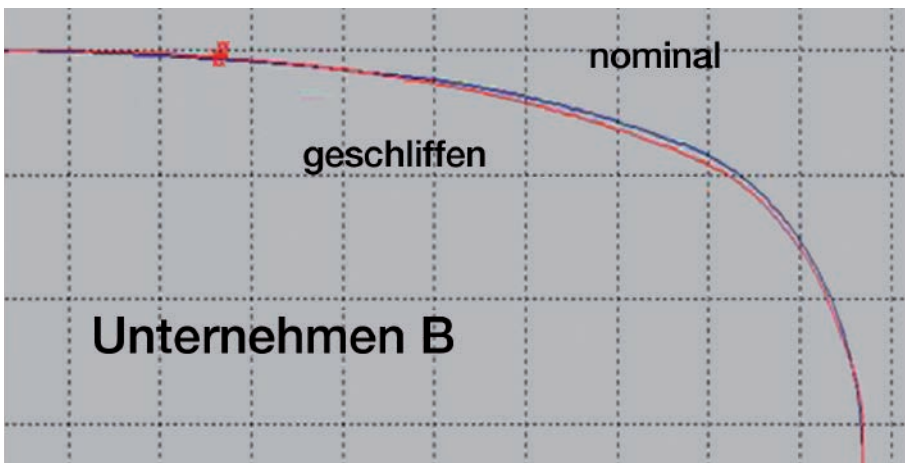


BILD 7: Geschliffenes Schienenprofil (rot) vs. Sollschieneprofil (blau) für Unternehmen B



was höher als das blaue Sollprofil liegt, während die gemessenen Schienenprofile des Unternehmens B nach dem Schleifen genau das Gegenteil zeigen (Bild 7).

Stellen Sie sich ein Rad auf den gezeichneten Schienenprofilen vor und es wird klar, dass die Profile von Unternehmen B mehr Platz zwischen Rad und Schiene in einem besonders wichtigen Bereich des Schienenprofils zulassen: dem Kontaktpunkt der beiden. Dies erklärt, warum auf der rechten Seite in Bild 5 die Werte der äquivalenten Konizität viel besser sind.

Aus dieser Beobachtung ergab sich die Idee, ein neues nominales „Soll“-Schienenprofil für zukünftige Schleifarbeiten festzulegen, basierend auf dem roten gemessenen Schienenprofil des Unternehmens B. Davor wurde jedoch eine umfassende Studie in Zusammenarbeit mit SNCB [3] durchgeführt, wobei das gemeinsame Verhalten von fünf Radprofilen im Vergleich zu vier Schienenprofilen beurteilt wurde. Die fünf untersuchten Radprofile waren: ein S1002 neu, ein TGV 1/40 neu, ein EPS neu, ein S1002 abgenützt und das abgenützte Radprofil eines Doppelstockwagens der Type M6, der bereits am Anfang dieses Kapitels erwähnt wurde. Die vier untersuchten Schienenprofile waren UIC60E1, AHCP³⁾, AHCC⁴⁾ und unser neu definiertes Schienenprofil basierend auf gemessenen Profilen nach dem Schleifen (genannt „OEC“ für „Optimal Equivalent Conicity“ – „optimale äquivalente Konizität“), Bild 8.

Das Ergebnis dieser Studie ist eine 4 x 5 Matrix mit einer äquivalenten Konizität und einer Amplitude von 3 mm für jede Rad-Schienenkombination.

Aus dieser Matrix (Tabelle 1) wurden zwei wichtige Schlussfolgerungen gezogen. Erstens wurde dadurch klar, dass in Kombination mit dem M6-Radprofil, von dem die Studie ausging, das OEC-Profil die beste äquivalente Konizität der vier untersuchten Schienenprofile aufwies; sie betrug nur halb so viel wie AHCC (0,15 im Vergleich zu 0,28). Durch das Schleifen dieses AHCC-Profiles wird viel Material auf der Kontaktseite der Schiene entfernt, um Head Checks zu beseitigen. Mit diesem Wissen war es bemerkenswert, dass das OEC-Profil bessere Werte der äquivalenten Konizität mit viel weniger Materialabtrag aufwies (siehe Bilder 8 und 9).

Die zweite Schlussfolgerung war, dass wir kein einziges Radprofil fanden, das schlechte Werte der äquivalenten Konizität in Kombination mit dem OEC-Profil aufwies. Sogar für das Radprofil des M6 wurde nur eine äquivalente Konizität von 0,15 (3 mm Amplitude) festgestellt.

3) AHCP = Anti Head Check Preventive (Referenz: INNOTRACK 4.5.2 Kapitel 3)
 4) AHCC = Anti Head Check Curative (Referenz: INNOTRACK 4.5.2 Kapitel 3)

Der Faktor Spurweite auf dem OEC-Profil wurde ebenfalls untersucht. Die Schmalspur ist ein wichtiger Faktor für die äquivalente Konizität. Deswegen wurden zahlreiche Simulationen durchgeführt, bei denen auf dem Gleisabschnitt die bestehende Spurweite verändert und die entsprechende äquivalente Konizität berechnet wurde. Unsere Software ermöglicht es uns nicht, einen Offset in die gemessene Spurweite zu setzen, aber sie lässt Abweichungen im Aufpressmaß des Radsatzes zu, was natürlich den gleichen, aber umgekehrten Einfluss auf die äquivalente Konizität hat. Bild 9 zeigt die äquivalente Konizität auf der Hochgeschwindigkeitsstrecke 2 für drei verschiedene Aufpressmaße: 1356 mm (der Normalwert), 1358 mm und 1360 mm. Diese entsprechen der tatsächlich gemessenen Spurweite, einem bautechnisch negativen Offset von 2 mm und einem von 4 mm im Vergleich zur bestehenden Spurweite. Es ist davon auszugehen, dass die äquivalente Konizität mit abnehmender Spurweite ansteigt (auch mit steigendem Aufpressmaß). Bild 9 zeigt genau das, aber es zeigt auch, dass der Gleisabschnitt, der mit dem OEC-Profil geschliffen wurde (rechte Hälfte in Bild 9), fast unempfindlich gegenüber der abnehmenden Spurweite ist. Diese Beobachtung kann als die dritte große Schlussfolgerung dieser Untersuchung angesehen werden.

Alle drei der oben angeführten Schlussfolgerungen haben bestätigt, dass das neu definierte OEC-Profil die Stabilität hat, um für zukünftige Schleifarbeiten verallgemeinert zu werden.

4. SCHLUSSFOLGERUNG

Anhand von Messungen der Gleis- und Schienegeometrie konnte Infrabel die Instandhaltungs- und Erneuerungsstrategie verbessern. Ab jetzt wird die Schienenneulage auf Schienenabnutzung und Konzentration der Schienenfehler basieren, während für den Schwellenumbau die gemessene Schienenneigung ein Hinweis für die Erneuerung ist. Eine genaue Messung des Schienenkopfes führt auch zur Entwicklung eines neu definierten Schienenprofils (OEC), das sich als fast unempfindlich gegenüber einer engen Spurweite herausstellte – zusätzlich zu seinen großartigen Eigenschaften im Bereich der äquivalenten Konizität. ◀

Literatur

- [1] Agache, J./Vernaillen, T.: Renouvellement des rails – déterminations des priorités, in: internes Infrabel-Dokument 08/2012
- [2] Agache, J./Vekemans, J.: Détermination des priorités de renouvellement des traverses sur base des mesures de l'EM130, in: internes Infrabel-Dokument 08/2011
- [3] Brohéé, R.: Calculations of equivalent conicity: assistance and expertise during study.

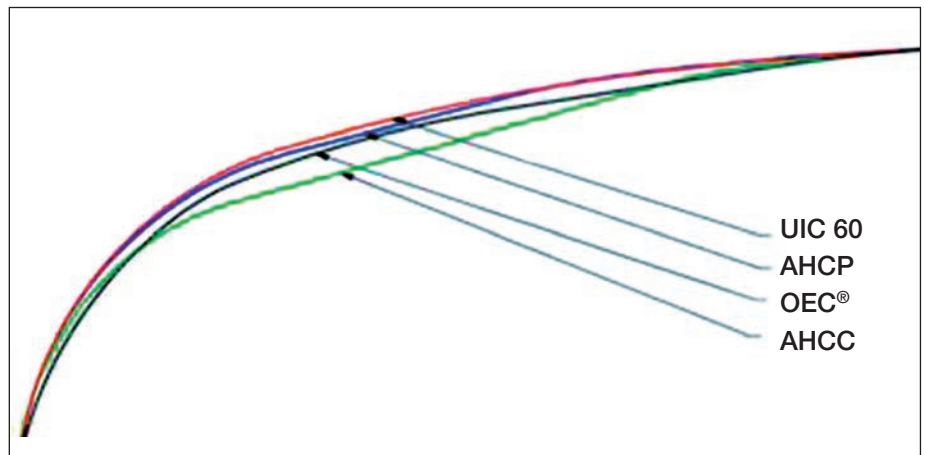


BILD 8: Vier untersuchte Schienenprofile

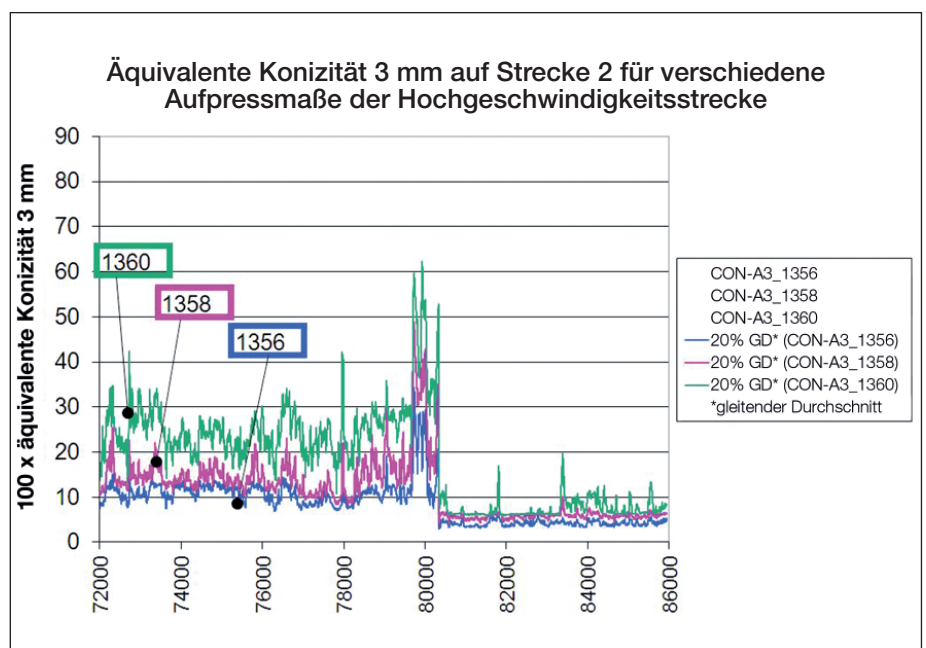


BILD 9: Äquivalente Konizität für verschiedene Offsets in gemessener Spurweite

► SUMMARY

Improving efficiency through innovation in measuring systems – measured data, interpretation and application

For some years Infrabel has tried to find objective, measurable and straightforward criteria to improve renewal and maintenance strategy for all track components. Three concrete measures have been implemented. For renewal of rails and sleepers two different decision principles were implemented.

Also the maintenance strategy for rails has been significantly improved by measuring the complete rail profile. Analyzing in detail a specific case study on the eastern high speed line has enabled a newly defined rail profile to be established for rail grinding with excellent equivalent conicity characteristics. All three decision principles will be explained in detail.