

Mobiles Messsystem LASCA® zum Monitoring von Fahrzeugqualität und Inanspruchnahme Fahrweg

Unverzichtbare Grundlage für Zugfahrten unterschiedlicher Eisenbahn-Verkehrs-Unternehmen auf dem Netz eines Eisenbahn-Infrastruktur-Unternehmens ist die Einhaltung gesetzlicher und vertraglicher Parameter bei Fahrzeug und Fahrweg. Das Messsystem LASCA® liefert unter dem rollenden Rad automatisch Daten zu Radqualität und -last sowie Fahrweginanspruchnahme.

➔ Die Reform der Staatsbahnen der EU (Richtlinie EU 91/440) führte zur Öffnung der Schienen-Infrastruktur für Dritte und zu mehr Eigenständigkeit und kommerzieller Handlungsfreiheit der Bahnen. Hauptziel war und ist die finanzielle Sanierung der Eisenbahn-Verkehrs-Unternehmen (EVU) und Eisenbahn-Infrastruktur-Unternehmen (EIU). Für den Netzeigner und -betreiber ist das automatisierte Monitoring (Beobachten, klassifizieren und reagieren) der nationalen und europäischen Züge mit hohen Achslasten, hoher Zugdichte und hohen Geschwindigkeiten dringend geboten. Nur auf diese Weise kann gesichert werden, dass die national und international vertraglich vereinbarten (oder noch zu vereinbarenden) Parameter hinsichtlich Fahrzeugqualität und -belastung quantitativ und qualitativ eingehalten werden und die Infrastruktur nicht übermäßig belastet wird.

- Ein Monitoring-System soll außerdem
- ➔ den Betriebsablauf in keiner Weise beeinträchtigen (also z. B. keine Geschwindigkeitsverringerung bei der Überfahrt erfordern),
 - ➔ in der Lage sein, bei der Überschreitung von fahrzeugbezogenen Grenzwerten Warnungen abzusetzen,
 - ➔ im Idealfall mobil und leicht umsetzbar sein, um in verschiedenen Gleisbereichen eingesetzt werden zu können, und
 - ➔ für den diskriminierungsfreien Zugang aller Kunden zum Netz mandantenfähig sein, d. h. die gewonnenen Daten selektiv an EVUs/EIUs, Netzeigner oder sonstige Berechtigte weiterleiten.

Seit dem Jahr 2001 verfügt die DB Netz AG über das Messsystem LASCA®, das diesen Anforderungen gerecht wird. Der vorliegende Bericht geht auf die Erfahrungen aus diesem Zeitraum ein, zeigt die technischen Möglich-



Gerd LeDosquet Dipl.-Ing.
DB Netz AG, Zentrale, Sonderaufgaben
i. A. Vorstand Betrieb
gerd.ledosquet@bahn.de



Frank Pawellek Dipl.-Ing.
DB Regio AG, Region Hessen, Leiter
Fachstelle Fahrzeugtechnik und
-instandhaltung
Frank.Pawellek@bahn.de

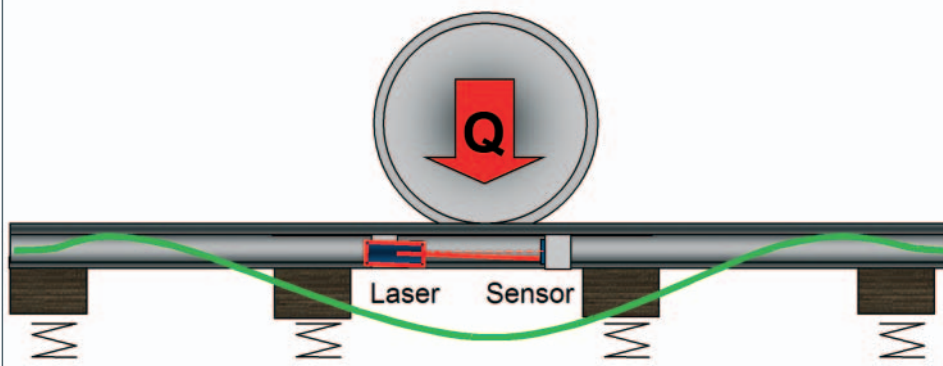


Frank Müller-Boruttau Dr.-Ing.
imb-dynamik Beratende Ingenieure,
Geschäftsführung
imb-dynamik@t-online.de

keiten auf und beschreibt die Chancen einer vollautomatisierten Datenaufbereitung für unterschiedlichste Interessen.

BILD 1: Funktionsweise der Sensoren der LASCA®

(Quelle aller Bilder: Autoren)



1. DAS MESSSYSTEM LASCA®

1.1. ERSTE EINSÄTZE BEI DER DB NETZ AG

Das Messsystem LASCA® basiert auf der seit dem Jahr 2000 verfügbaren so genannten Laserwaage. Das Messsystem LASCA® wurde von der Firma INNOtec GmbH Europe, Worms, (baugleich mit dem System „MAT-TILD“, weltweit über GE Transportation Systems vertrieben) unter Mitwirkung des drittgenannten Autors entwickelt und zunächst für die Oberbau-Instandhaltung der DB Netz AG eingesetzt. Die Qualität der gewonnenen Daten zeigte schnell ein wesentlich größeres Potenzial auf. Dieses wurde in einer stetigen Weiterentwicklung genutzt, um den Kunden

und der DB Netz AG eine breit gefächerte Datenpalette zur Verfügung zu stellen.

1.2. FUNKTIONSPRINZIP UND SENSOREN DER LASCA®

Die wandernde Radlast krümmt die Schiene abhängig von der Radkraft F_q und der Radposition x relativ zum Sensor bzw. der Zeit t . Durch die Krümmung wandert ein Laserstrahl aus seiner Nulllage aus (Bild 1). Dieses Auswandern wird mit einem hochempfindlichen Sensor mit ausgezeichneter Linearität detektiert und als Messgröße an den Auswerterechner weitergegeben. Der Signal-Rauschabstand der Rohsignale ist hervorragend. Der Sensor liefert nutzbare Messsignale ab einer Auflast von nur 10 kg. Auch wenn man nur die Hand für einige Sekunden auf den Schienenkopf legt, reicht die dabei übertragene Wärme aus, um die Schiene derart nach oben zu krümmen, dass eine Ablesung erfolgt!

Eine maximale Rad- oder Radsatzlast gibt es für dieses System praktisch nicht, da selbst ein Rad mit einer Fahrmasse von 10 t nur 10 % des verfügbaren Messbereichs ausnutzt.

Die Sensoren (Bild 2) werden im Schwellenfach am Schienenfuß formschlüssig angeschraubt. Ein komplettes Messsystem enthält 12 Sensoren (Bild 3). Durch die Anordnung der 6 Messstellen auf der linken und rechten Schiene in hintereinanderliegenden Schwellenfächern wird eine kontinuierliche Messstrecke von 4 m erreicht (Bild 4). Diese Messstrecke ermöglicht die Darstellung der kompletten Abwicklung eines Eisenbahnwaggons mit Auflösung im Millimeterbereich. Das System besitzt die Zulassung des EBA für alle Geschwindigkeitsbereiche und Schienentypen. Das Verfahren sowie die Applikation im Gleis sind durch die Herstellerfirma weltweit patentrechtlich geschützt.

2. GRUNDLEGENDE EIGENSCHAFTEN DES MESSSYSTEMS LASCA®

2.1. EINBAU UND WARTUNG

Jede Schiene und Oberbauform kann verwendet werden. Die Gleiskomponenten werden nicht angetastet. Die Montage erfolgt in den gegebenen Zugpausen.

Die LASCA® ist selbstlernend und selbstkalibrierend und benötigt keine Belastung mit einem verwagene Referenzfahrzeug (z. B. Belastungswagen). Nach Installation ist das System messbereit.

Für Unterhaltungsarbeiten am Gleis ist ein Ausbau der LASCA® nicht erforderlich.

Das Messsystem wird über das Daten-Netzwerk fernüberwacht und ferngewartet. Die Berechtigten haben unbegrenzten Zugang zu dem Rechner. Fehlfunktionen des Systems werden automatisch an die Systemoperateur gemeldet.

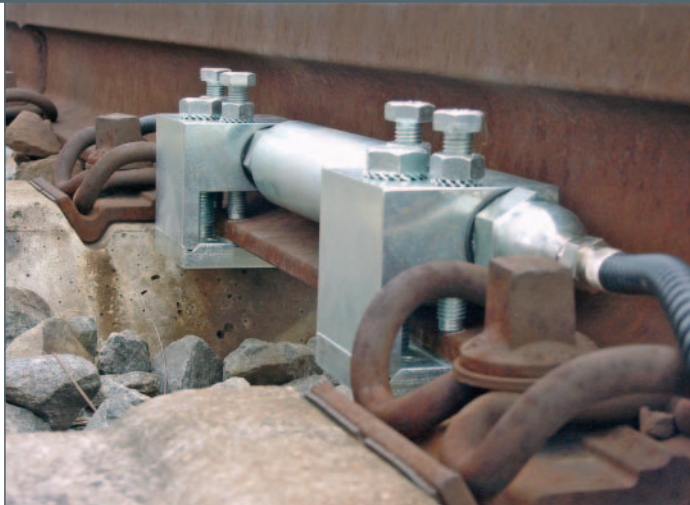


BILD 2: Laser-Sensor mit formschlüssiger Verbindung zum Schienenfuß



BILD 3: Gesamtaufbau eines Messsystems mit 12 Sensoren, jeweils an der Innenseite der Schiene

2.2. EINSATZ IM BETRIEB

Eine Einschränkung der Zuggeschwindigkeiten ist nicht erforderlich.

Die Zugidentifikation erfolgt aus dem ZLV-Bus und die Zuordnung zu Netzkunden anhand dieser Informationen. Die Fahrzeugtypidentifikation erfolgt auf der Basis einer eingebauten Datenbank. Mit Transponder ist die Verfolgung einzelner Fahrzeuge quer über alle LASCA®-Messstellen möglich.

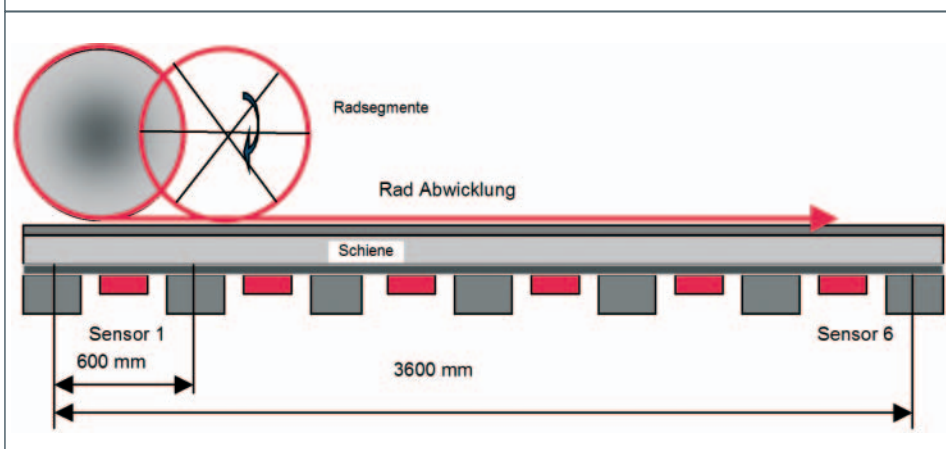
Die Datenauswertung erfolgt vollautomatisch unmittelbar nach der Zugüberfahrt.

Alle Informationen, die ein Kunde haben will, werden sofort über Intranet, Internet oder ISDN-Anschluss übertragen und stehen etwa zwei Minuten nach der Überfahrt weltweit zur Verfügung.

Je nach den Auswertungsergebnissen und den Grenzwerteinstellungen in der Software können Schadensmeldungen (z. B. Radschäden) oder sicherheitsrelevante Warnungen (z. B. extrem ungleiche Lastverteilungen innerhalb eines Waggons) an im System hinterlegte Empfänger abgesetzt werden.

Mit einem Satz von LASCA®, verteilt über >>

BILD 4: Anordnung der Sensoren in 6 aufeinanderfolgenden Schwellenfächern zur Erfassung eines vollständigen Radumfangs



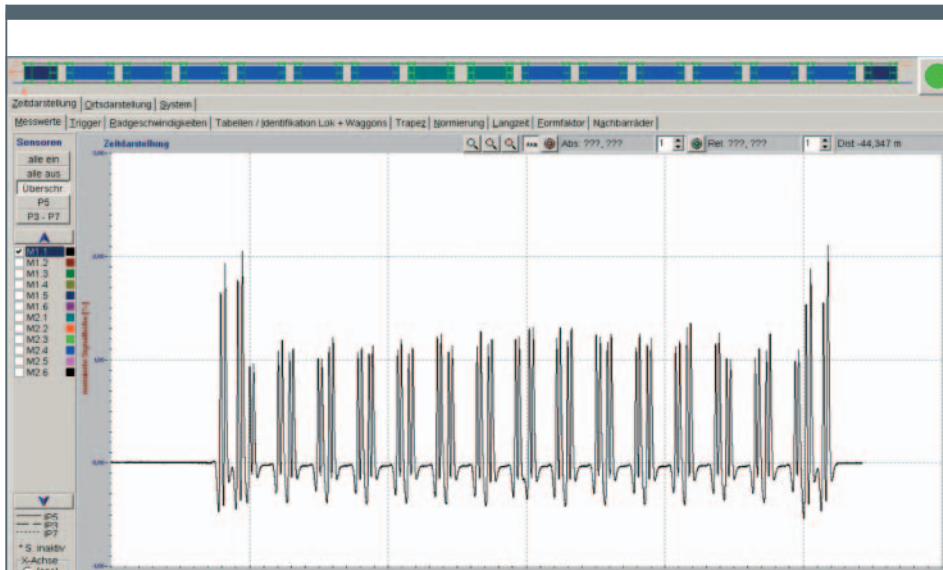


BILD 5: Zeitverlauf eines Sensors für einen ICE 1 mit 210 km/h

ein ganzes Netz, kann man nahezu den kompletten Verkehr beobachten. Alle Daten laufen in einem zentralen Server zusammen und erlauben z. B. eine gezielte Zuglaufverfolgung.

Ähnlich einer Radarmessung im Straßenverkehr kann LASCA® netzweit jederzeit einge-

setzt werden. Für die Zugbetreiber gibt es keine Vorwarnzeit.

3. MESSDATEN, AUSWERTUNG UND ERSTE INTERPRETATIONEN

Der erste erzeugte Datensatz enthält die

automatisch ermittelten Basisdaten der Zugüberfahrt, den Fahrt Datensatz: Datum, Uhrzeit, Zugnummer, Messstelle, Geschwindigkeit, Richtung, Achsenanzahl, Zuglänge, Zugsummengewicht, Pos. der Triebfahrzeuge und Waggons.

Bild 5 zeigt den Zeitverlauf (Rohdaten) eines Sensors bei Überfahrt eines ICE mit einer Geschwindigkeit von 210 km/h, so wie sie vom Messsystem angezeigt werden.

Für die Auswertung selbst wird aber nur ein kleiner Ausschnitt aus diesen Rohdaten verarbeitet. Die qualitativ besten Daten liefert ein Sensor dann, wenn das Rad sich sehr nahe bei dem Sensor befindet.

Bild 6 zeigt für eine exemplarische Achsüberfahrt die für die Auswertung verwendeten 12 Ausschnitte der Zeitreihen aller 12 Sensoren. Örtlich betrachtet erfasst jeder Sensor einen Fahrweg von ca. 0,9 m, in dem die Krümmung deutlich positive, von Null verschiedene, gut auswertbare Werte aufweist.

Die blauen Linien geben die Rohsignale der benachbarten 6 Sensoren der linken Schiene für die Überfahrt des linken Rades einer Achse über einen Fahrweg von rund 4 m an, entsprechend stehen die roten Linien für das rechte Rad derselben Achse.

Die Sensoren der linken Schiene (blau) zeigen ein Bild, das für ein weitgehend einwandfreies Rad zu erwarten ist. Selbst ohne Vorwissen wird aber jeder Ingenieur sofort erkennen, dass das rechte Rad (rot) verschiedene Defekte aufweist:

- Die Maxima für die einzelnen Sensoren unterscheiden sich: Das Rad ist exzentrisch.
- Die am zweiten (Defekt 1) und am letzten Sensor (Defekt 2), rechte Schiene, erkennbare Doppelwelle weist auf flachstellenartige Rundlaufabweichungen hin.
- Der Signalverlauf ist insgesamt „verrauscht“: Die Lauffläche ist rau mit einer kleinen Wellenlänge.

BILD 6: Für die Auswertung verwertete Zeitausschnitte der 12 Sensoren eines vollständigen Messsystems, Überfahrt einer Achse mit 100 km/h

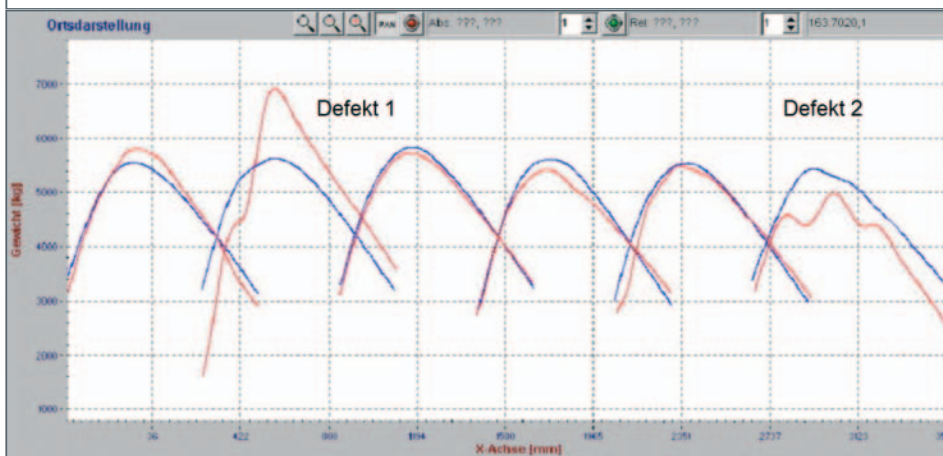


BILD 7: Rundlaufabweichungen des rechten Rades, in der Werkstatt mit dem INNOtec-Messsystem RUDI gemessen



Alle diese Effekte sind bereits an den Rohdaten zu erkennen. Das rechte Rad wurde anschließend in der Werkstatt vermessen (Bild 7). Es konnte eine hervorragende Übereinstimmung der LASCA®-Daten mit den Werkstattmessungen festgestellt werden.

Mittels detaillierterer Analysen kann man aus den Zeitreihen aller Sensoren noch ein sehr viel weiter reichendes Bild über den Zug, seine Massen und Radkraftdynamik und den Wartungszustand von Rädern und (teilweise) Drehgestellen gewinnen. Auf den verwendeten Algorithmus kann aus Gründen des Urheberrechtsschutzes leider nicht näher eingegangen werden.

4. DER FINGERABDRUCK EINES ZUGES

Um die Vielfalt an verfügbarer Information in eine übersichtliche Zusammenfassung zu bringen, wurde ein Diagramm entwickelt, das quasi den „Fingerabdruck“ eines Zuges (Bild 8) darstellt. Hier sind auf einen Blick viele Angaben zu dem Zug, seinen Fahrzeugen und dem Zustand der Räder ersichtlich, wie z. B. statische Radfahrmassen und Überladungen, ungleiche Beladungszustände, schadhafte Räder mit detaillierten Angaben zu den Defekten, und vieles mehr. Abschließend wird der Zug wie bei einer Ampel bewertet. Der real gemessene Zug von Bild 8 ist ein extrem schlechtes Beispiel.

Alle gegebenen Informationen werden von dem Messsystem selbst ohne manuelle Unterstützung ausgegeben. Bei Giessen betreibt die DB Netz AG seit über 2 Jahren eine LASCA®. In einem Zeitraum von rund 800 Tagen haben rund 75 000 Züge die Messstelle passiert. Die Züge gehören 8 verschiedenen Betreibern. Tabelle 1 enthält die absoluten Zahlen zu den gemessenen und eingestuftem Zügen.

In Bild 9 sind die Prozentzahlen grafisch dargestellt. Es ist gut zu erkennen, dass die einzelnen Betreiber jeweils Züge mit ganz unterschiedlichen Qualitäten auf die Strecke schicken. Bild 10 bietet einen groben Überblick über die von LASCA® gelieferten Datentypen. Verschiedene Nutzergruppen interessieren sich für bestimmte Teilmengen dieser Daten. In Tabelle 2 sind Nutzergruppen und die für sie interessanten Teilmengen von Daten zusammengestellt.

5. LANGJÄHRIGER EINSATZ ZUR RADSCHADEN-IDENTIFIKATION

5.1. ZUSAMMENHANG VON RADSCHÄDEN UND EMISSIONEN

Im Nahverkehr der Region Hessen spielt die Laufruhe der Schienenfahrzeuge, insbesondere der S-Bahn Rhein-Main, seit den vergangenen Jahren eine immer wesentlichere Rolle. Getrieben wird dieses u. a. auch durch ein gewachsenes Umweltbewusstsein der Bevölkerung, in der die Reduzierung der Lärm- und Erschütterungsemission einen hohen Stellenwert einnimmt.

Als Ursachen für diese Emissionen wurden die klassischen Materialschädigungen an den Radlaufflächen in Form von Flachstellen, Ausbröcklungen etc., aber auch abnormale Rundlaufabweichungen an den Rädern der S-Bahnen Baureihe 420 und auch der Doppelstockwagen ermittelt. Als Folge davon wurden die einschlägigen Grenzwerte für den Rundlauf baureihen- bzw. bauartbezogen angepasst bzw. die Instandhaltungsanforderungen konkretisiert. Die Einhaltung der Grenzwerte wird in den Werkstätten durch

Standort: Narva	Messung: Not Ok	Zugnummer: 25	Richtung: 29.11 km/h	V (km/h): 29.11	Achsen: m	Zuglänge: m																			
Datum: 29.10.2003 09:48	zust. NL:																								
STATUS		Zugsummengewicht: 5889 Tonnen																							
Links		A		Rechts		Links		A		Rechts		Links		A		Rechts									
Bewertung	RL	PA	SA	DYN	SA	PA	RL	Bewertung	RL	PA	SA	DYN	SA	PA	RL	Bewertung	RL	PA	SA	DYN	SA	PA	RL		
Einheit	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Einheit	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Einheit	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
L 2TE116 130,68	10,11 6,55 8,76 12,97 6,73 13,99	RD844 RD844 RD844 RD844 RD824	1 2 3 4 5 6	DYN	SA	PA	RL	19 Tank2 114,86	9,24 15,82 14,31 16,66 10,29	RD844 R0K0 R0K0 R0K0 R0K0	65 66 67 68 69	DYN	SA	PA	RL	39 ZGW 01 101,03	8,15 13,85 14,13 16,45 16,29	RD822 R0K0 R0K0 R0K0 R0K0	169 170 171 172 173	DYN	SA	PA	RL	RD831 FL 54 R0K0 FL 68 RFLMN	7,73 14,56 13,06 13,09 14,97
L 2TE116 154,64	10,67 11,11 13,40 13,93 11,29 16,39	RD834 RD876 RD824 RD824 RD844 R0K0	7 8 9 10 11 12	DYN	SA	PA	RL	20 Tank2 106,78	16,71 10,90 15,02 16,19	R0K0 R0K0 R0K0 R0K0	90 91 92 93	DYN	SA	PA	RL	40 O1 129,08	12,30 15,42 12,79 16,97	R0K0 R0K0 R0K0 R0K0	174 175 176 177	DYN	SA	PA	RL	AB 57 AB 42 R0K0 R0K0	17,69 17,62 18,62 13,87
1 ZGW 35 72,49	7,87 7,52 9,78 10,38	RD844 RD844 RFLMN RFLMN	13 14 15 16	DYN	SA	PA	RL	21 Tank2 118,25	12,64 14,34 6,38 8,18	R0K0 R0K0 RFLMN R0K0	94 95 96 97	DYN	SA	PA	RL	41 ZGW 01 122,93	12,30 15,42 12,79 16,97	R0K0 R0K0 R0K0 R0K0	178 179 180 181	DYN	SA	PA	RL	RD821 R0K0 R0K0 R0K0	18,62 13,87 18,70 14,27
2 ZGW 35 86,57	11,29 11,59 11,44 12,41	RFLMN RFLMN RFLMN RFLMN	17 18 19 20	DYN	SA	PA	RL	22 G1 65,17	6,66 12,30 8,49	R0K0 R0K0 RFLMN	98 99 100	DYN	SA	PA	RL	42 O1 132,11	13,42 16,20 14,33 18,22	RFLMN R0K0 R0K0 R0K0	182 183 184 185	DYN	SA	PA	RL	AB 58 AB 69 AB 46 AB 46	19,08 14,46 20,10 16,27
3 kinnine v 99,26	11,29 11,77 13,15	RFLMN RFLMN RFLMN	21 22 23	DYN	SA	PA	RL	23 T1 112,87	17,10 11,00 15,14	R0K0 R0K0 R0K0	101 102 103	DYN	SA	PA	RL	43 ZGW 01 104,75	8,33 15,66 9,39	RFLMN R0K0 R0K0	186 187 188	DYN	SA	PA	RL	FL 57 AB 42 R0K0	11,63 14,93 9,09
4 kinnine v 85,31	9,22 13,20	RFLMN RFLMN	24 25	DYN	SA	PA	RL	24 T1 105,84	17,10 11,00 15,14	R0K0 R0K0 R0K0	104 105 106	DYN	SA	PA	RL	44 O1 89,47	6,95 14,73 7,15	R0K0 R0K0 R0K0	189 190 191	DYN	SA	PA	RL	FL 57 R0K0 R0K0	14,93 9,09 8,83
								25 T1 93,69	10,73 17,42	R0K0 R0K0	107 108	DYN	SA	PA	RL	45 Tank2 113,26	7,83 16,69	R0K0 R0K0	192 193	DYN	SA	PA	RL	RD825 RD826	13,82 11,69

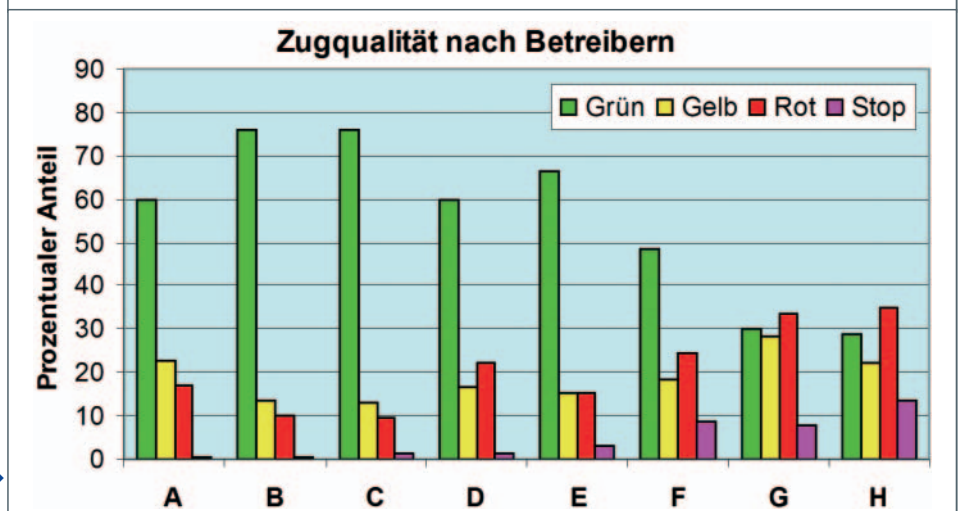
BILD 8: „Fingerabdruck“ eines Zuges mit sehr vielen Schäden

Anzahl der Tage	787
Anzahl der gemessenen Züge	74.261
Anzahl der gemessenen Achsen	3.306.771
Summe der Belastung des Oberbaus	36.955.754

Gesellschaft	Züge	Züge %	Grün	Gelb	Rot	Stop
A	7.943	10,70	4.757	1.792	1.357	37
B	31.443	42,34	23.969	4.228	3.116	130
C	1.939	2,61	1.474	255	185	25
D	6.850	9,22	4.098	1.134	1.536	82
E	417	0,56	277	64	64	12
F	2.827	3,81	1.365	521	695	246
G	2.217	2,99	669	631	744	173
H	20.625	27,77	5.990	4.601	7.231	2.803
Züge	74.261		42.618	13.207	14.928	3.508

TABELLE 1: Von LASCA® an der Messstelle Gießen gemessene und eingestufte Züge verschiedener Betreiber

BILD 9: Prozentualer Anteil der Zugqualität nach Betreibern



Infrastruktur DB Netz AG bzw. EIUs	Eisenbahnbetrieb	EVU, Fahrzeugwartung	Wissenschaftlich verwertbare Daten
Streckenklasse, max. Zuglänge, Achsenanzahl, Zul. Geschwindigkeit Gleislage, Riffelbildung, Hohlschwellenbildung Statistik für statische u. dynamische Belastung Dyn. Belastung durch Rundlaufabweichungen Tagestonnenkilometer Statistik von mittlerer Radlast und Radsatzlast Fahrzeugbelastung/m, RIV Raster Kundenspezifische Auswertungen nach Qualität, Quantität der Fahrzeuge Bespannung lt. Trasse Ursachen für erhöhten Verschleiß am Oberbau Belastungsabhängige Instandhaltung Fahrplanpünktlichkeit Lastabhängige Trassenpreise	Überladungen, einseitige Beladungen, Lastverschiebung in der Achse, im Drehgestell und im Fahrzeug dynamisches Laufverhalten, Dynamik von benachbarten Achsen Rundlaufabweichungen über Betriebsgrenzmaß Statistik: Häufigkeit der Überschreitung der Ampelwerte Streckenspezifische Überwachung z.B. 25 t-Achse	Beladungszustand und Lastverschiebungen dynamisches Laufverhalten – bauartspezifisch Verspannungen im Drehgestell/ Fahrzeug- Achse Laufflächenbewertung in Form und mm Singuläre Radunrundheiten wie Flachstellen, Aufschweißungen und Ausbröcklungen, automatisch identifiziert nach Anzahl und jeweiliger Größe (Bild 12) Polygonalisierung Langwellige periodische Radunrundheiten nach Form und Größe	gezielte Überwachung und Analyse von erhöhtem Verschleißverhalten an Rad und Schiene, so z. B. das anhand der Daten der LASCA® identifizierte Problem Spurkranzverschleiß bei geschobenen Doppelstockwagen-Zugverbänden Langzeitbeobachtung des Oberbauverhaltens unter lastabhängiger Nutzung Verhalten unterschiedlicher Oberbauformen unter Betriebsbedingungen Gleislageänderung vor, während und nach Instandhaltungsmaßnahmen, Stopfen, Schleifen, usw. Laufverhalten im Gleisbogen Seitenkraftmessung (ebenfalls mit der LASCA® möglich, mit um 90 Grad gedrehten Sensoren)

TABELLE 2: Nutzergruppen und die für sie interessanten Teilmengen von LASCA®-Daten

turnusmäßige Besichtigungen und manuelle Rundlaufmessungen, welche mit einem erheblichem Aufwand verbunden sind, gewährleistet. Aus diesen Betriebserfahrungen heraus besteht bereits seit Jahren der Wunsch nach effektiven Frühwarnsystemen, wobei als Synergieeffekt auch eine wirtschaftlichere Instandhaltung ermöglicht werden sollte.

5.2. DER LASCA®-EINSATZ BEI DB REGIO

Seit dem 28.08.2003 arbeitet eine LASCA®

im Streckengleisabschnitt Frankfurt-Griesheim-Frankfurt/Main Hauptbahnhof zur automatischen Ermittlung von Rundlaufabweichungen und Materialschäden an den Radlaufflächen, also Flachstellen, Ausbröcklungen, Aufschweißungen und dergleichen. Die Fahrzeugflotte besteht hauptsächlich aus S-Bahnzügen der Baureihen 420 und 423 der S-Bahn Rhein-Main. Der Hauptbeweggrund zum Einsatz einer solchen Anlage durch DB Regio Hessen ist die Optimierung der Instandhaltungstechnologie, wobei natürlich der Sicherheitsaspekt nicht außer Acht gelassen wird.

Da bei diesen Baureihen kein Fahrzeugidentifikationssystem in Form von Transpondern vorhanden ist, wurde eine Schnittstelle zum Zugnummernbus eingerichtet, um einen automatisierten Bezug zum fallweisen manuellen Auffinden der Fahrzeug-Nummer zu bekommen. Diese Schnittstelle arbeitet zuverlässig, es werden 100 % der Fahrzeuge erfasst. Seit dem Einbauezeitpunkt liefert die Anlage für jede Zugfahrt eine Messreihe. Die gelieferten Messdaten erwiesen sich von Anfang an als qualitativ und quantitativ zutreffend. Die bahntintern geforderte Überwachung von definierten Grenzwerten für Rad, Achse und Fahrzeug, inkl. der automatisierten Einstufung nach Schadenstypen, erfolgt zuverlässig und reproduzierbar. Die LASCA®-Auswertungsergebnisse – Art und Kennwerte der Radlaufflächenschäden, für eine Flachstelle also Länge oder Pfeilhöhe – werden Ampelähnlich in die Kategorien GRÜN, GELB, ROT und LILA eingestuft. Die Grenzwerte für die Klassierung werden von dem jeweiligen Kunden vorgegeben und in der Anlage hinterlegt. Falls die entsprechenden fahrzeugspezifischen Grenzwerte zu einer GELB-, ROT- oder LILA-Einstufung führen, versendet die LASCA® 2 Minuten nach Zugüberfahrt per eMail Messprotokolle an voreingestellte Empfänger. Alle durch die LASCA® detektierten Auffälligkeiten an Rädern und Fahrzeugen wurden durch zeitnahe Inspektionen bestätigt. LASCA® löste keine Fehlalarme aus.

5.3. FAHRZEUG- UND ZUGSPEZIFISCHE GRENZWERTÜBERWACHUNG

Da die Grenzwerte bei den DB-Fahrzeugen baureihen- bzw. bauartabhängig sind, reicht die Überwachung eines Grenzwertes in Form eines Einzahlwertes über alle Fahrzeuge hinweg für die Werkstatt nicht aus. Eine Quantifizierung der Rundlaufabweichungen in

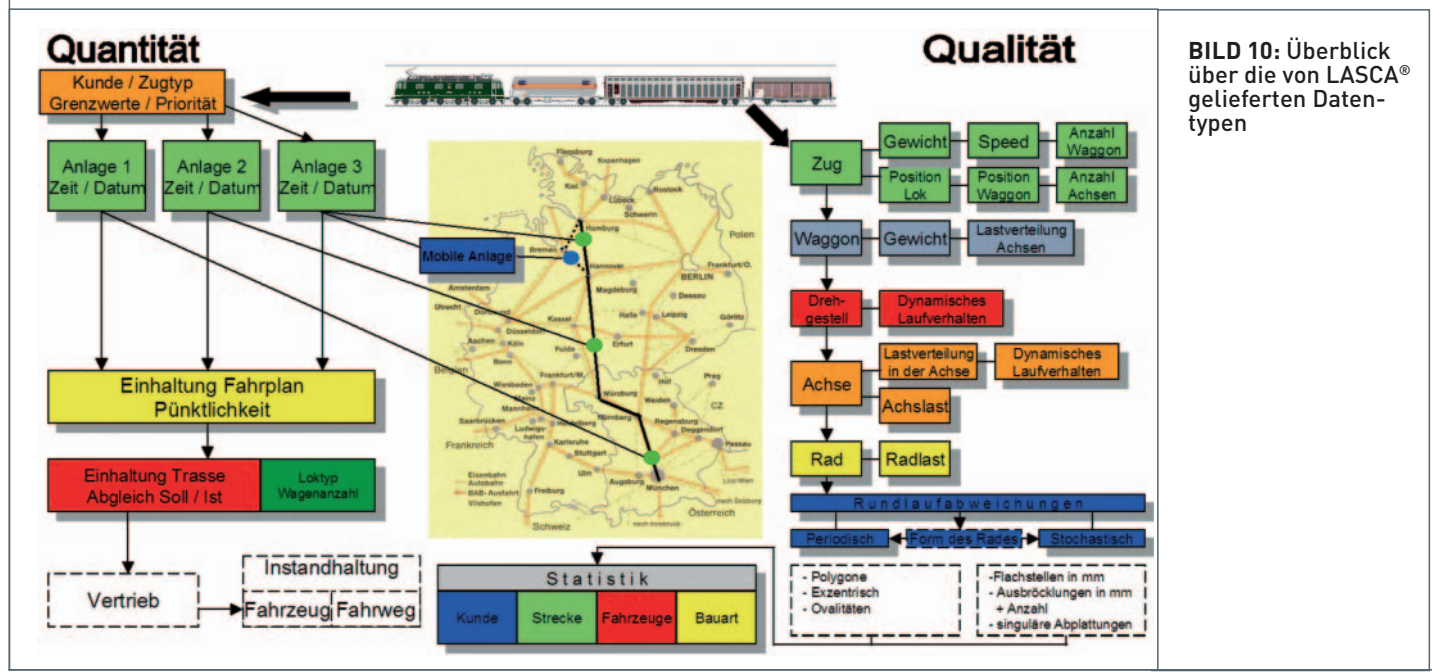


BILD 10: Überblick über die von LASCA® gelieferten Datentypen

1/10 mm ist zwingend erforderlich. Diese wird von LASCA® geliefert. Darüber hinaus ist mit diesem System erstmals eine Langzeitbeobachtung zum Entstehen von Rundlaufabweichungen im Betriebseinsatz möglich.

Bereits die unbearbeiteten Messreihen zeigen, dass die Abweichungen von der Idealkurve (vergleiche Bilder 6 und 7) mit den in der Werkstatt ermittelten Größen der Rundlaufabweichungen gut übereinstimmen. Um die präzisen Rohdaten in der Software umfassend zu nutzen und sie automatisch mit den Werkstattdaten übereinstimmend zu interpretieren, begann eine intensive Einstellungs-/Kalibrierungsphase, die im zweiten Quartal 2006 abgeschlossen wird.

Die Fahrzeug-Nummer wird z.Z. über die Zugnummer manuell im Triebfahrzeug-Dispositionssystem identifiziert. Daraus ergeben sich eindeutige Aussagen zur Reproduzierbarkeit der Daten der LASCA®. Es konnte nachgewiesen werden, dass auffälligen Fahrzeugen, welche teilweise bis zu 30 mal die Messstelle passiert haben, immer wieder die identische Ampel-Einstufung zugeordnet wurde. Auch die Sichtung der Rohdaten ergab ein eindeutig reproduzierbares Bild mit nur geringer Streubreite.

5.4. VERGLEICHENDE RUNDLAUFMESSUNGEN IN DER WERKSTATT

Um die Auswertungsergebnisse von LASCA® zu plausibilisieren, wurden in der Werkstatt vergleichende Rundlaufmessungen durchgeführt. Zurzeit wird in der betriebsnahen Instandhaltung die reine Rundlaufdifferenz (Maximum minus Minimum) mittels einer digitalen Messuhr ermittelt. Um die LASCA-Daten mit den Werkstattmessungen vergleichbar zu machen, muss jedoch die Radabwicklung/Form des Rades aufgezeichnet werden. Aus diesem Grund wurde unter Federführung der Fa. INNOTec Europe ein neuer Messkopf als Messaufbau (Rundlaufdiagnosesystem, kurz: „RUDI“, Bild 11) verwendet. Mit diesem Messkopf ist es möglich, in vier parallelen Messkreisebenen über dem gesamten Radumfang die Abwicklung zu messen und grafisch zu erfassen, so dass die Grundlage für die Quantifizierung/Interpretation der LASCA-Messwerte gegeben ist.

Erst die detaillierte Radabwicklung zeigt das wirkliche Schädigungspotenzial an Fahrzeug und Fahrweg auf, das ein bestimmtes Rad hat. Dieses hängt ab von der charakteristischen Länge einer Störung.



BILD 11: links: Rundlaufdiagnosesystem RUDI zur gleichzeitigen Erfassung von 4 Messspuren, rechts: Messschriebe der 4 Taster für einen Radumfang

Kurzweilige Rundlaufabweichungen (Bild 12) haben eine charakteristische Länge von einigen Zentimetern. Es handelt sich einerseits um lokale Defekte wie Flachstellen, Ausbröcklungen oder über den Radumfang periodische, kurzweilige Störungen wie Polygonalisierung und Riffel. Diese Störungen können sehr hohe dynamische Kräfte entwickeln und für Fahrzeug und Fahrweg besonders schädlich sein.

Langweilige Rundlaufabweichungen (Bild 13) haben Wellenlängen im Bereich des Radumfangs oder Bruchteilen davon, etwa 1/2, 1/3 Radumfang etc.. Beispiele hierfür sind Exzentrizität, Ovalität, Dreieckigkeit. Gegenüber den kurzweiligen verursachen die langweiligen Rundlaufabweichungen erheblich geringere dynamische Kräfte, sie sind also weniger schädlich.

Bei der zurzeit angewendeten starren Grenzwertgebung (für die Rundlaufdifferenz) finden die vorgenannten Zusammenhänge keine Berücksichtigung, aber genau hier setzt die betriebswirtschaftliche und sicherheitstechnische Betrachtung an. Dem Fahrzeughalter und den Instandhaltungswerkstätten ist heutzutage in der Regel der aktuelle Unterwegszustand der Fahrzeuge nicht bekannt. Die LASCA® kann nun bestimmte Fahrzeug-Zustandsinformationen nahezu im Echtzeitbetrieb bereitstellen. Auf diese Weise kann die Instandhaltung für bestimmte Teilbereiche des Fahrzeugs (nach DIN 31051) weg von einer planmäßigen hin zu einer zustandsabhängigen und wirtschaftlicheren Instandhaltung weiterentwickelt werden.

Folgende Effekte können erzielt werden:

- 1) Wegfall der planmäßigen Rundlaufmessungen einschließlich Schonung der Drehmaschinen durch geringeren Me-

ßelverschleiß,

- 2) Frühwarnfunktion: rechtzeitige Erkennung von Flachstellen, Ausbröcklungen etc.,
- 3) Zeitnahes Reprofilieren möglich, dadurch geringere Spantiefe, somit längere Laufleistungen/Standzeiten der Radsätze möglich,
- 4) Automatisierte Datenübermittlung in das führende DV-System SAP/ISI (Eintrag in den Arbeitsvorrat), dadurch praktisch kein Daten- bzw. Kommunikationsverlust mehr,
- 5) Rückschlüsse auf das dynamische Laufverhalten (z. B. Lagerschäden),
- 6) Verbesserung der Zustandsqualität (Kundenrelevanz).

Die o. g. Punkte sind entscheidend für eine optimierte Instandhaltungsplanung und Instandhaltungssteuerung, da diese die elementare Basis bei der zustandsbezogenen Instandhaltung darstellen. Es werden also die Voraussetzungen für eine wirtschaftlichere Instandhaltung u. a. in Form von sinkenden Wartungskosten geschaffen.

6. BISHERIGE VERIFIZIERUNGEN DES MESSSYSTEMS, VERGLEICHE

Bei verschiedenen, im Folgenden genannten Einsätzen wurden weitere Eigenschaften der LASCA® ausgenutzt und die Auswertungsergebnisse durch umfangreiche Nachmessungen bestätigt.

DB Netz AG:

- Montage an unterschiedlichen Schienentypen,
- Messung gemischter Verkehre,
- Kundenbezogene Auswertungen, >>

INNOTec
GMBH europe

Tuchschererstrasse 7-9
D-67551 Worms, Germany
Tel.: +49-6241-933515

LASCA®

Dynamisches Hochgeschwindigkeits - Messsystem
Dynamic high speed laser scale

www.innotec-eu.de

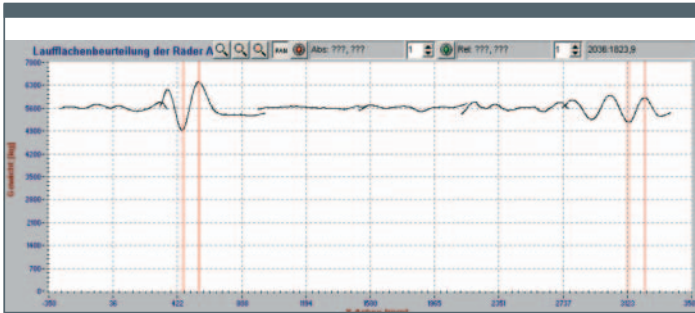


BILD 12: Kurzwellige Rundlaufabweichung in der LASCA®-Darstellung

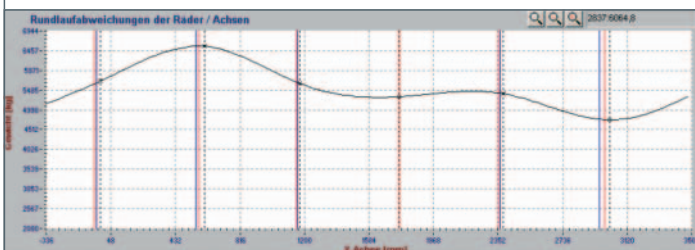


BILD 13: Langwellige Rundlaufabweichung in der LASCA®-Darstellung

- Mehrmaliger Standortwechsel mit unterschiedlicher Aufgabenstellung,
- Eignung für Hochgeschwindigkeitsverkehr,
- Langzeitstabilität des mechanischen Aufbaus über einen Zeitraum von bisher 5 Jahren,
- Nachweis der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse durch Messung derselben Züge an zwei hintereinanderliegenden, unabhängigen Messsystemen anhand der identischen Ergebnisse.

DB Netz AG, FTZ-Minden, Italien-RFI, Railion Deutschland AG, DB Regio AG, Region Hessen

- Fahrzeuggewicht,
- Lastverschiebung.

DB Regio, ÖBB (LKW-Transport „Rollende Landstraße“ ROLA), Lettland, USA, China

- Singuläre Rundlaufabweichungen, Flachstellen, Ausbröcklungen, singuläre Abplattungen,
- periodische Rundlaufabweichungen.

Einsatz unter Extrembedingungen

Die Einsatzbarkeit von LASCA® unter Extrembedingungen wurde in Harbin, China, bei Temperaturen bis -45°C getestet. Ein störungsfreies Verhalten konnte nachgewiesen werden. Die Sensoren funktionierten im Labor auch noch bei -70°C.

Vergleichsversuche mit anderen Messsystemen

Die LASCA® ist an dem derzeit laufenden Projekt der SBB in Osagna, Schweiz, zum Festlegen von international akzeptierbaren sicherheitsrelevanten Grenzwerten beteiligt. Dort werden verschiedene (im Gegensatz zur LASCA® allerdings meist ortsfeste und einen Gleisumbau erfordernde) Messsysteme mit unterschiedlicher Funktionsweise und Funk-

tionalität im Vergleichsversuch betrieben. Der Versuch ist noch nicht abgeschlossen.

7. CHANCEN

Mit dem mobilen Messsystem LASCA® existiert ein universell einsetzbares Messinstrument zur Erfassung und Analyse unterschiedlichster Fahrzeug- und Gleiseigenschaften im laufenden Eisenbahnbetrieb. Mit strategisch über ein ganzes Netz verteilten Messsystemen ist ein umfassendes perfektioniertes Fahrzeug-Monitoring in greifbare Nähe gerückt.

Dem Eigner des Fahrweges steht mit LASCA® ein operatives, Internet-gestütztes Werkzeug zur Verfügung mit dem er die Ist-Unterwegsqualität der Fahrzeuge seiner Kunden beobachten, klassifizieren und übermäßig gleischädigende Fahrzeuge zeitnah detektieren kann.

Darüber hinaus eröffnen sich Chancen, die tatsächliche Fahrzeugqualität in das System der Trassenpreise einzubringen. So könnte der Trassenpreis entsprechend der real gefahrenen Ist-Belastung bzw. dem Schienenverschleiß strecken- und kundenspezifisch verhandelt werden. Das heißt: Die durch das Monitoring festgestellte Unterwegsqualität der Fahrzeuge kann vertragsadäquat mit spezifischen und differenzierten Nutzerprofilen für den jeweiligen Kunden innerhalb der Trassenpreise abgebildet werden.

Vorstellbar wäre, dass Neukunden – z.B. im Güterverkehr – an einem allgemein vorgegeben Nutzungsraster im Trassenervertrag vororientiert werden. Jeder einzelne in einer Relation verkehrende Güterzug des Kunden wird über die Fahrplanzeit entsprechend der oben beschriebenen „Ampelbewertung“ nach den Kategorien GRÜN, GELB, ROT und LILA klassiert.

Dabei könnte als Grundlage der Klassierung und technische Stellschraube für die Qualität des rollenden Materials ein zulässiger Anteil

von Laufflächenfehlern in vereinbarter Größenordnung in dem Messsystem hinterlegt werden, beispielsweise maximal 0,5% der Räder mit Flachstellen und 0,75% mit definierten Rundlaufabweichungen.

Mit Hilfe der Ampelbewertung wird nun jeder Zug eingestuft und das gesamte Zugkollektiv klassiert. Hinsichtlich der Ergebnisse der Klassierung können prozentuale Zielwerte z.B. wie folgt als zulässig vereinbart werden, z.B. GRÜN: 50%, GELB: 40%, ROT: 8,5%, LILA: 1,5%.

Diese planmäßige Vorgabe wird der tatsächlich gemessenen Unterwegsqualität der Züge in den festgelegten Korridorrelationen ein Jahr später gegenübergestellt. Die Gegenüberstellung kann dann zu einer Veränderung der Trassenpreise gegenüber dem früheren Vertragszeitraum führen. ←

SUMMARY

The Lasca® mobile measuring system for monitoring the quality of rail vehicles and their impacts on the permanent way

If the trains of various different operating companies are to run properly on the network of a given infrastructure manager, one of the essential preconditions is compliance with the statutory and contractually agreed parameters as regards both the vehicles and the track. Lasca is a measuring system that can automatically appraise trains on the move, supplying data on the quality of their wheels, the distribution of loads and several other parameters too, including, in particular, their overall impact on the permanent way.

This system produces a mass of information, which can, however, be summarized in the form of a diagram, that has been equated to a train's fingerprint (Fig. 8 in the full text). At a glance, it is possible to read off information about various characteristics of the train, its individual vehicles and the state of its wheels, such as the static masses of moving wheels and overloading situations, imbalanced load states, damaged wheels (including indication of damage types), and much more. The output gives the train an overall rating based on the typical three colours of traffic lights.

Various user groups have already expressed their interest in particular subsets of this data. Lasca is opening opportunities for feeding the real quality of railway vehicles into the system for computing the amounts to be charged for train paths.