



press-press-press-press-press

Sonderdruck – Reprint

aus: VDI IngenieurForum, Ausgabe 4/2010

Messtechnik für Rad und Schiene Kräfte messen auf der Gleisstrecke

from: VDI IngenieurForum, issue 4/2010

Wheel and rail measuring technology Measuring forces on the track

press-press-press-press-press

Zu hohe Achslasten, ungleichmäßige Ladungsverteilung oder unzulässige Lateralkräfte an Eisenbahnwagons können zu Schiefagen führen und Unfälle, im schlimmsten Fall sogar Entgleisungen verursachen. Eine neue mit Sensoren ausgerüstete Wägeschwelle ist nun in der Lage, bei der Messung von Radlasten während der Zugüberfahrt auch Q- und Y-Kräfte zu ermitteln. Sie ermöglicht eine zuverlässige Früherkennung und damit auch eine bedarfsgerechte Wartung.

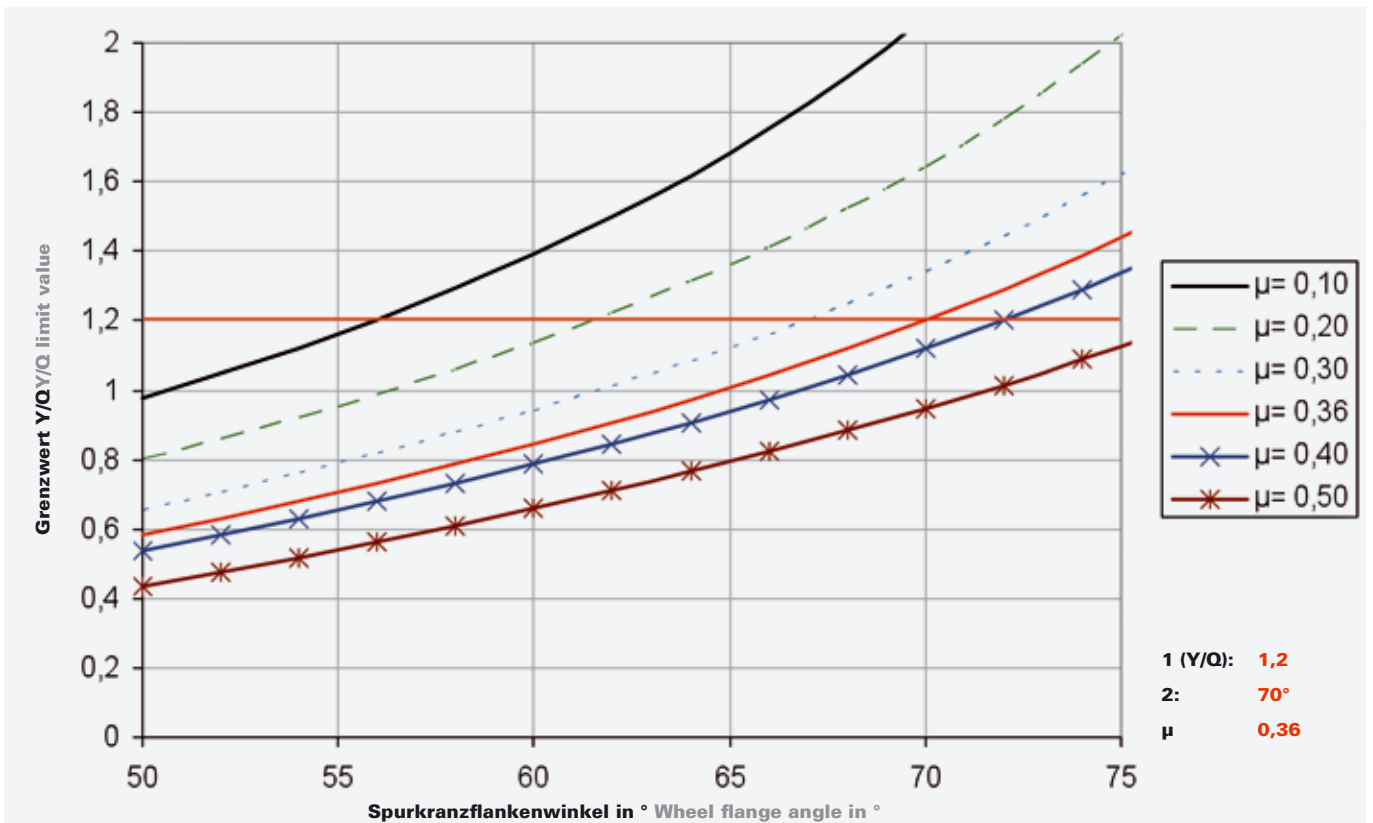
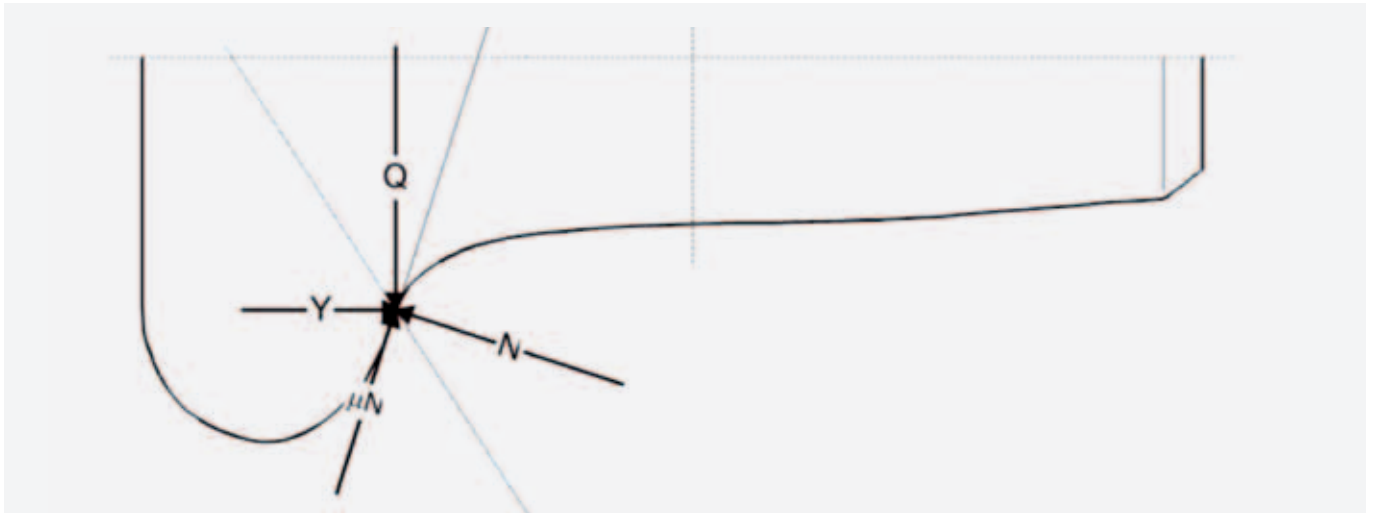
Die Züge werden heute immer schneller. Fahrzeugdefekte an den Rädern, Trassenschäden oder kritische Beladungszustände können Menschen und Material in hohem Maße gefährden. Da die Montage, Endprüfung und Instandsetzung von schienengebundenen Fahrzeugen immer stärker rationalisiert werden, werden die Anforderungen an ein Radlastprüfsystem immer höher. Deshalb müssen diese immer schneller und genauer werden, damit die Betriebssicherheit und Verfügbarkeit von Lokomotiven gewährleistet werden kann.

Excess axle loads, uneven distribution of loads or impermissible lateral forces can result in tilted vehicles and cause accidents. In the worst case scenario, trains can even derail. A new sleeper fitted with sensors can now determine Q and Y forces when measuring wheel loads as the train passes over. It allows for reliable early detection and therefore indicates when maintenance is required too.

Nowadays, trains are becoming ever faster. Vehicle defects on the wheels, damage to the track and critical load conditions can pose a serious threat to both people and the material used. Because installation, final checking and repairs to rail vehicles are becoming increasingly rationalised, the requirements being placed on wheel load checking systems are becoming more and more stringent. For this reason, they need to be even faster and more accurate to ensure the operational reliability and availability of trains. Intelligent weighing equipment like the MULTIRAIL® from Schenck Process can be used for a multitude



Bild 1: Die Anordnung der Schwellen trägt dem Einfluss der verschiedenen Schwingungsformen bei fahrenden Zugverbänden Rechnung.
Fig. 1: The arrangement of the sleepers takes into account the various vibration forms of driving train sets.



- μ = 0,10
- - μ = 0,20
- · μ = 0,30
- μ = 0,36
- × × μ = 0,40
- * * μ = 0,50

1 (Y/Q): 1,2
 2: 70°
 μ 0,36

$$\frac{Y}{Q} = \frac{\tan \gamma}{1 + \mu \tan \gamma}$$

Gleichung für den Grenzwert Y/Q nach Nadal
 Wheel flange angle in Nadal's equation for limiting Y/Q

Bild 2: Aus den Q- und Y-Kräften werden die Kenngrößen Radlast, Achslast, Wagonlast, Y-Kraft und das Verhältnis Y/Q gebildet, das eine Beurteilung der Entgleisungssicherheit erlaubt. Die Kenngrößen werden über die Einbaulänge verfolgt, um beispielsweise pendelnde („hunting“) Wagons zu erkennen.

Fig 2: The Q and Y forces are used to determine the wheel load, axle load, wagon load and Y force and to evaluate the Y/Q relationship for protection against derailment. These parameters are tracked over the installation length in order to detect hunting wagons, for instance.

Mit intelligenten Wägesystemen wie dem MULTIRAIL® von Schenck Process können viele Überwachungs- und Diagnosefunktionen im Bereich Rad und Schiene ausgeführt werden. Mit der MULTIRAIL® Technologie werden Züge und einzelne Wagons schnell, genau und eichfähig verwogen oder dynamische Radlasten und Radlastverteilungen ermittelt. Darüber hinaus ermöglicht die Technologie, Schäden an Rädern zu erkennen beziehungsweise die Belastung auf die Gleisstrecke zu analysieren. Dies kann ein wichtiger Schritt zur Verhütung von Unfällen sein.

Bahn frei für mehr Sicherheit

Im September wurde auf der Messe InnoTrans in Berlin das neue Modul MULTIRAIL® InterScan mit der flachen Wägeschwelle und Y/Q-Option vorgestellt. Dieses Modul ist in der Lage, bei der Messung von Radlasten während der Überfahrt Q- und Y-Kräfte zu lokalisieren. Auf diese Weise können hohe Belastungen in Q- und Y-Richtung rechtzeitig erkannt werden. Somit wird eine bedarfsgerechte Wartung möglich, die ein erhebliches Potenzial für eine Kostenersparnis mit sich bringt. Gleichzeitig sorgt der spezielle Kraftsensor für mehr Sicherheit. Denn zu hohe Achslasten, ungleichmäßige Ladungsverteilung oder unzulässige Lateralkräfte können zu Schiefagen führen und Unfälle oder kostspielige Beschädigungen verursachen. Im schlimmsten Fall bringen sie Züge sogar zum Entgleisen. Zusätzlich ermittelt das System dynamische Kräfte an Rädern, die typischerweise von Flachstellen verursacht werden. Damit liefert es einen Beitrag zur bedarfsgerechten Instandhaltung der Strecke und der Fahrzeuge. Die neue Wägeschwelle unterscheidet sich in der Höhe nur minimal von Standardschwellen und fügt sich nahtlos in die Strecke ein. Die Montage ist ausgesprochen leicht zu handhaben.

Kräftemessung mittels Dehnmessstreifen

Basis der Messtechnologie ist die direkte Messung der auftretenden Kräfte mittels Sensoren, die mit Dehnmessstreifen ausgerüstet sind. Die Dehnmessstreifen sind zu einer Wheatstone'schen Brücke zusammengeschaltet. In der Messung wird die elastische Verformung des Messkörpers im Bereich weniger Mikrometer ausgenutzt. Das abgreifbare Signal ist linear zur aufgebrachtten Kraft. Die Sensoren sind an das Umfeld der Bahn angepasst. Dies bedeutet im Einzelnen: Die sogenannten Wägediscs sind direkt in die dafür vorbereiteten Betonschwellen eingebaut und mit der darin eingegossenen Fußplatte fest verschraubt. Die Schienenbefestigung oberhalb des Sensors erfolgt über eine ebenfalls fest angeschraubte Adapterplatte. Darauf werden die in der Branche üb-

of wheel and rail monitoring and diagnosis applications. MULTIRAIL® technology provides a fast, precise and legal-for-trade way to weigh trains and individual wagons and to determine dynamic wheel loads and wheel load distributions. The technology can also detect damage on wheels and analyse the load on the track, which can be a key step in preventing accidents.

Opening doors for enhanced safety

September saw the new MULTIRAIL® InterScan model with flat sleeper and Y/Q option presented at InnoTrans in Berlin. This module is capable of localising the Q and Y forces when measuring the wheel loads passing over it. High loads in a Q or Y direction can thereby be recognised in good time, making needs-based maintenance possible and delivering major potential cost savings.

The special force sensor also ensures increased reliability. Excess axle loads, uneven distribution of loads or impermissible lateral forces can result in tilted vehicles and cause accidents or costly damage. In the worst case scenario, trains can even derail.

The system also calculates dynamic wheel forces, most of which are caused by wheel flats. It is therefore an aid to needs-based maintenance of the track and vehicles.

The height of the new sleeper only differs very slightly from that of standard sleepers and it fits seamlessly into the track. It is extremely easy to install too.

Measuring forces using strain gauges

The measuring technology is based on direct measurement of the forces present using sensors fitted with strain gauges. The strain gauges are interconnected to form a Wheatstone bridge. Elastic deformation of the measurement unit by just a few micrometres is used for the measurement. The tapped signal is linear to the force applied.

The sensors are adapted to the train's environment. More specifically this means that the so-called weigh discs are directly installed in the prepared concrete sleepers and screwed down to the cast-in foot plate. The rail above the sensor is attached using an adapter plate, which is also screwed down. The ribbed base plates and fastening clips commonly used in the industry are attached to this, enabling normal rail installation.

When the sensor was being designed, a great deal of importance was attached to it only measuring the desired force components and ignoring the other components. It is able to do this thanks to the rotation-symmetrical measurement unit and the attached



Bild 3: In der Höhe unterscheidet sich die Wägeschwelle nur minimal von den Standardschwellen und fügt sich nahtlos in die Strecke ein.
Fig 3: The height of the sleeper only differs very slightly from that of standard sleepers and it fits seamlessly into the track.

lichen Rippenplatten und Befestigungsklammern angebracht, die eine gewohnte Schienenmontage ermöglichen.

Bei der Ausführung des Sensors wurde großer Wert darauf gelegt, dass er nur die gewünschten Kraftkomponenten misst und die anderen Anteile ignoriert. Dies erfolgt durch den rotationssymmetrischen Messkörper und eine geeignete Zusammenschaltung der darauf angebrachten Dehnmessstreifen. Ein Satz Dehnmessstreifen dient der Messung der Q-Kräfte, ein weiterer Satz der Messung der Y-Kräfte, welche selbstverständlich in beide Richtungen gemessen werden.

strain gauges being suitably interconnected. One set of strain gauges measures the Q forces and another the Y forces, which are of course measured in both directions.

Pre-calibrated sensors

The sensors are supplied in a pre-calibrated state, meaning that on-site adjustment is generally limited to simply performing minor adjustment for the train's own movement due to the track position and speed. The entire sleeper, which is made from a concrete turnout sleeper, is approved by the German Federal

Vorkalibrierte Sensoren

Die Sensoren werden vorkalibriert ausgeliefert, so dass sich eine Justage vor Ort in der Regel auf den reinen, vergleichsweise kleinen Ausgleich der Eigenbewegungen des Zuges aufgrund von Gleislage und Geschwindigkeit beschränkt.

Die gesamte Wägeschwelle, deren Basis eine Weichenschwelle aus Beton bildet, ist vom Eisenbahnbundesamt zugelassen. Dazu wurden umfangreiche Stabilitätstests sowohl mit statischen Kräften als auch mit mehreren Millionen Lastzyklen durchgeführt. Die Abmessungen der gesamten Wägeschwellen erlauben es, das Gleis bei eingebauter Anlage mit der gewohnten Einstellung der Stopfmaschine durchzustopfen.

Zur Kraftnebenschlusskompensation, d.h. zur Erfassung der zur nächsten Nichtwägeschwelle abfließenden Kräfte werden sogenannte Messaugen eingesetzt, die direkt in die Schiene eingebaut werden. Weitere Funktionen der Messaugen sind die präzise Erkennung von Achsen und die virtuelle Unterteilung der Anlage in Abschnitte.

Das Gesamtsystem MULTIRAIL® InterScan besteht aus einer Anordnung von typischerweise acht Wägeschwellen, so dass sich ein vollständiger Radumfang kontinuierlich erfassen lässt. Dies ist insbesondere zur Beurteilung von Schäden an Rädern, zum Beispiel Flachstellen, erforderlich.

Die Messrate von mehreren tausend Messungen pro Sekunde gewährleistet eine Erfassung von Kraftstößen auch bei hohen Streckengeschwindigkeiten.

In der Auswertung werden aus den Q- und Y-Kräften die Kenngrößen Radlast, Achslast, Waggonlast, Y-Kraft und des zur Beurteilung der Entgleisungssicherheit üblichen Verhältnisses Y/Q gebildet und über die Einbaulänge verfolgt, um beispielsweise pendelnde („hunting“) Waggonen erkennen zu können. Die Ergebnisse werden in einer Datenbank abgelegt und werden unmittelbar nach der Auswertung an das kundenseitige EDV-System übertragen.

An die Norm angepasst

Damit das System auch grenzüberschreitend in Europa eingesetzt werden kann, wird es der derzeit in Arbeit befindlichen Norm EN 15654 angepasst werden, in der Randbedingungen über die Sensoren, den Aufbau und insbesondere die Zulassungsprüfungen festgelegt werden. Die Anordnung der Schwellen auf dem im Bild 1 gezeigten Beispiel folgt der Empfehlung eines Zwischenstandes der EN 15654 und trägt dem Einfluss der verschiedenen Schwingungsformen bei fahrenden Zugverbänden Rechnung.

Railway Authority. Extensive stability tests with static forces and several million load cycles were performed for this purpose. The dimensions of all the sleepers enable the track to be tamped when the equipment is installed with the tamping machine's normal setting. To compensate for the shunt forces, i.e. to measure the forces flowing out of the next non-sleeper, so-called measuring eyes are used, which are installed directly in the rail. The measuring eyes can also precisely detect axes and virtually split the equipment into sections.

The entire MULTIRAIL® InterScan system is made up of an arrangement of typically eight sleepers, enabling continual measurement of a complete wheel circumference. This is key when evaluating damage on wheels, such as wheel flats.

The measurement rate of several thousand measurements per second ensures recording of force impacts even at high track speeds.

In the evaluation, the Q and Y forces are used to determine the wheel load, axle load, wagon load and Y force and to evaluate the standard Y/Q relationship for protection against derailment. They are also tracked over the installation length, in order to detect hunting wagons, for instance. The results are stored in a database and are transferred to the customer's IT system immediately after evaluation has taken place.

Adapted to satisfy the standard

In order that the system can be used throughout Europe, it is being adapted to the EN 15654 standard which is currently being revised and defines the basic sensor, design and, in particular, approval check conditions. The arrangement of the sleepers in the example shown in picture 1 follows the recommendation of an EN 15654 preliminary result and takes into account the various vibration forms of driving train sets.



Autoren/Authors:

Ralph Müller & Hubert Olbrich

Schenck Process GmbH, Darmstadt, Germany,

T +49 61 51-15 31 18 61, www.schenckprocess.com



Schenck Process GmbH
Marketing Communication
Pallaswiesenstr. 100
64293 Darmstadt, Germany
T +49 61 51-15 31 29 87
F +49 61 51-15 31 27 54
press@schenckprocess.com
www.schenckprocess.com

