

REFERENZBERICHT



aus: El Eisenbahningenieur, Ausgabe 9, September 2009

Neuer Messgleisbogen im Prüf- und Validationcenter Wegberg-Wildenrath

Neuer Messgleisbogen im Prüf- und Validationcenter Wegberg-Wildenrath

Im PCW können alle in der DIN EN 14363 genannten Anforderungen an Messungen im Gleisbogen erfüllt und darüber hinausgehende Messungen durchgeführt werden.

Für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen ist eine Reihe von Typprüfungen vorgeschrieben. Diese werden in der Norm DIN EN 14363 [1] beschrieben – vor jeder Prüfung des Fahrverhaltens im Streckennetz ist bekanntlich der Nachweis der Fahrfähigkeit mittels stationärer Versuche erforderlich.

- Radlastwaage: zum Messen der statischen Radaufstandskräfte im ebenen Gleis und im verwundenen Gleis (Verwindungsprüfstand)
- Dreh-Kipp-Tisch: zum Messen des Ausdrehwiderstands von Drehgestellen
- Neigeanlage: zum Erfassen des Wankverhaltens
- Messgleisbogen: Messung der Führungs- und Radaufstandskräfte im Gleisbogen

Trotz fehlender S-Bogen-Prüfungsanlage, können im PCW alle wichtigen Prüfungen durchgeführt werden. Die Prüfung der Sicherheit gegen Entgleisen unter Längsdruckkräften in S-Bögen wird nur für bestimmte Güterwagen-Bauarten gefordert [2].

Bereits im Jahr 2001 wurde im PCW ein ebener Messgleisbogen mit jeweils drei Messstellen in zwei Messfeldern in Betrieb genommen. Die Erfahrungen mit dieser Prüfanlage hinsichtlich des erforderlichen Kalibrieraufwands und die begrenzte Anzahl der bei jeder Überfahrt erfassbaren Messdaten zeigten einen deutlichen Optimierungsbedarf. Hierzu erfolgten eingehende Untersuchungen zusammen mit dem Institut für Schienenfahrzeuge und Fördertechnik der RWTH Aachen. Als Ergebnis dieser Untersuchungen konnten genaue Anforderungen an die neue Messtechnik und den Gleisaufbau definiert werden.

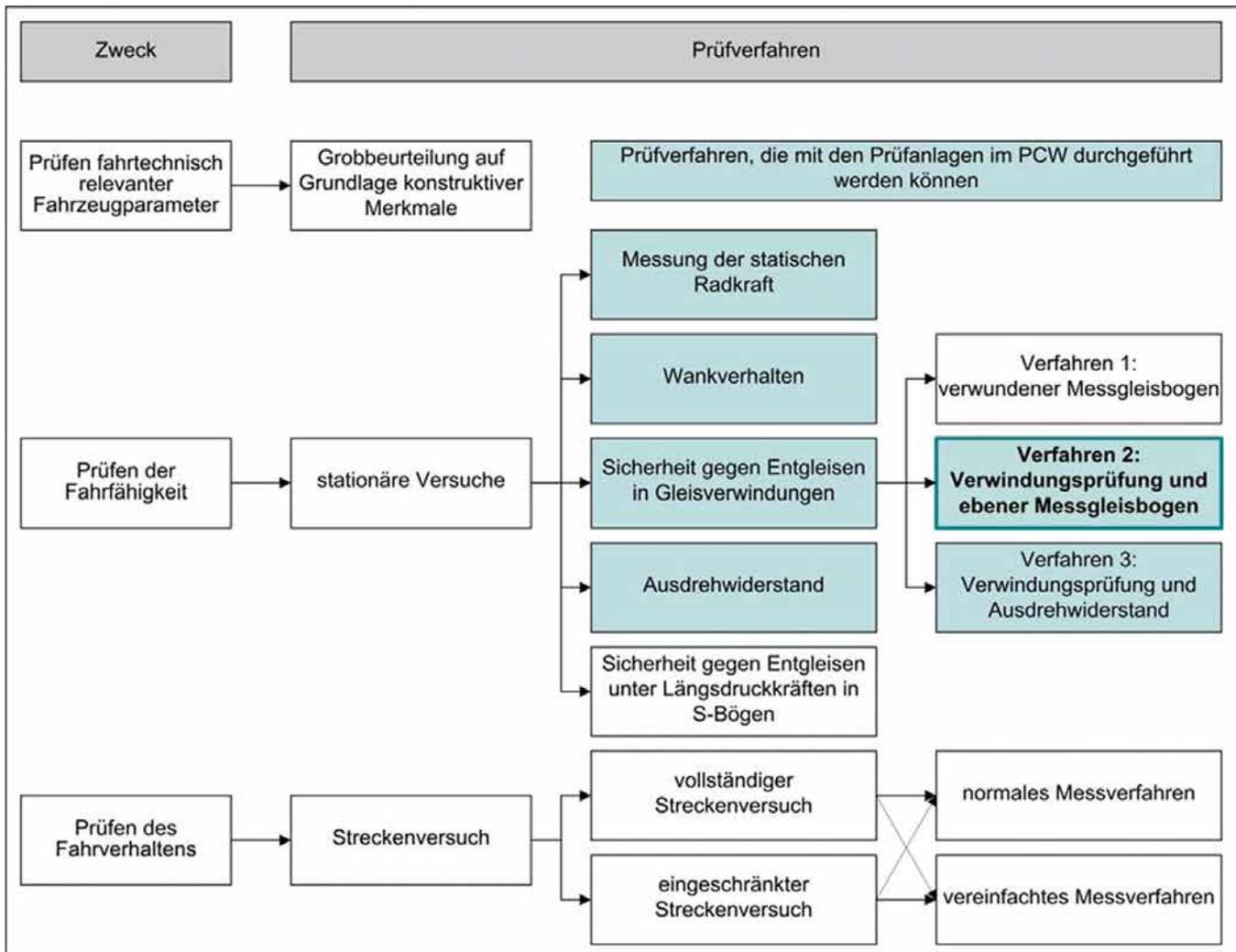


Abb. 1: Prüfverfahren nach DIN EN 14363 und Abdeckung durch Prüfanlagen im PCW

Voruntersuchungen

Die Voruntersuchungen am Institut für Schienenfahrzeuge und Fördertechnik der RWTH Aachen unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Ing. T. Dellmann hatten zunächst zum Ziel, die Signalverläufe der vorhandenen Applikation von Dehnungsmessstreifen (DMS) an der Schiene unter Last und unter definierten Laborbedingungen (Gleislagerung) aufzunehmen. Weiterhin sollten Vorschläge für eine Optimierung der Anordnung erarbeitet werden. Die Untersuchungen konzentrierten sich auf folgende Schwerpunkte:

- Beeinflussung der Messwerte durch den Ort der Krafteinleitung am Schienenkopf
- Einflüsse der Überlagerung von Vertikal-, Horizontal- und Längskräften
- Einfluss der Neigung der Schiene (z.B. 1:40) auf die Messwerte sowie
- Einfluss der Gleis- und Schienenlage sowie Stabilität einschließlich Elastizität

Zur Realisierung der Laborbedingungen erfolgte ein Versuchsaufbau am Institut. Hierzu wurde ein Stück Gleis mit der gleichen Messtechnik wie am vorhandenen Messgleisbogen ausgestattet und unter einer Lasteinleitungsvorrichtung aufgebaut. Der Einfluss der Gleiselastizität wurde somit durch Variation der Lagerung des Gleisrostes untersucht (Abb.2).

Die Voruntersuchungen führten zu dem entscheidenden Ergebnis, dass selbst unter Ergänzung aufwendiger mathematischer Korrekturverfahren eine Modifikation des Messgleisbogens durch Optimierung der ursprünglich gewählten Anordnung der DMS zu keinen signifikanten Verbesserungen führen würde. Als wesentlicher Grund hierfür stellte sich heraus, dass die Schiene keinen geeigneten Messkörper darstellt. Man kam zu der Einschätzung, dass mit vertretbarem messtechnischen und rechnerischen Aufwand für den Fall überlagerter vertikaler und horizontaler Lasteinwirkung, vor allem bei unbekanntem Lasteinleitungsort (Radaufstandspunkt) allein aus der Verformung der Schiene kein Rückschluss auf die eingeleiteten Kräfte mit zufriedenstellender Genauigkeit zu erreichen ist. Auch die Berücksichtigung weiterer Kriterien wie verbleibender Entwicklungsaufwand, Erfolgsaussicht (Risikoabschätzung) und Aufwandsabschätzung sowie die Gesamtdauer bis zur Inbetriebnahme bestärkte die Entscheidung, dass nur durch einen Neubau des Messgleisbogens die Erkenntnisse aus den Voruntersuchungen optimal umgesetzt werden können.

Bestandteil der Voruntersuchungen waren unter anderem aber auch Vergleiche verschiedener Messverfahren, zum Beispiel hinsichtlich einer erreichbaren Messgenauigkeit



Abb. 2: Gleisrost für Voruntersuchungen

sowie Messreproduzierbarkeit, des Kalibrier- und Entwicklungsaufwands, der Kosten, der Witterungsunabhängigkeit sowie der Gleislage und -stabilität. Auf Grundlage dieses Vergleichs wurde ein geeignetes Messverfahren mit separaten, unter der Schiene angeordneten Verformungskörpern empfohlen. Ausgewählt wurde schließlich ein von der Firma Schenck Process GmbH bereits verfügbares Messprinzip zum Messen der vertikalen Radaufstandskräfte im geraden Gleis, welches nach übereinstimmender Einschätzung mit zunächst überschaubaren Anpassungen die Anforderungen an den neuen Messgleisbogen erfüllen kann.

Anforderungen an den neuen Messgleisbogen

Der Messgleisbogen muss eine direkte Messung der zwischen Rad und Schiene wirkenden Kräfte gewährleisten. In [1] werden hierzu zwei verschiedene Prüfverfahren beschrieben. Für den Messgleisbogen im PCW wurde ganz bewusst das Verfahren 2 „Prüfung auf Verwindeprüfstand und ebenem Messgleisbogen“ aus folgenden Gründen festgelegt:

Die Eigenschaft eines Schienenfahrzeugs hinsichtlich der Sicherheit gegen Entgleisen wird wesentlich beeinflusst:

- durch die Radlastumverteilung durch Verwindung des Fahrzeugs, sowie
- durch die Spurführungseigenschaften im Gleisbogen, wobei auch im Gleisbogen Radlastumverteilung auftritt. Diese Umverteilung entsteht im ebenen Gleisbogen allein durch die Spurführungskräfte sowie die am Radsatz wirkenden Hebelkräfte.

Nur das Verfahren 2 nach [1] ermöglicht die Differenzierung des Grundes für die beiden genannten Möglichkeiten der Radlastumverteilung. Somit können dem Fahrzeughersteller nach Versuchsdurchführung eindeutige Informationen darüber gegeben werden, in welchem Maße diese beiden Fahrzeugeigenschaften zur Sicherheit gegen Entgleisen in Gleisverwindungen ihren Beitrag leisten und ob Änderungen hinsichtlich der Verwindungssteifigkeit oder der Spurführungseigenschaften zu einer eventuell erforderlichen Erhöhung der Sicherheit gegen Entgleisen führen werden.

Um diese Prüfungen zu gewährleisten, muss die Voraussetzung erfüllt sein, dass der Messgleisbogen tatsächlich – soweit wie technisch und wirtschaftlich möglich – als ebener Messgleisbogen gebaut wird, so dass während der Bogenfahrt keine überlagerte Fahrzeugverwindung aufgebracht wird.

Die Höhenabweichungen der Schienen sind so gering wie möglich zu halten, um Radlastumverteilung durch Fahrzeugverwindung zu minimieren. Zur Anwendung kommen hier die Vorgaben an Messgleise für Fahrzeuge der Kategorie B und C nach DIN 27202 Teil 10.

Demnach dürfen folgende Werte nicht überschritten werden:

- $\pm 0,5$ mm Höhenabweichung der beiden Schienen zueinander in Gleisquerrichtung
- $\pm 0,5$ mm über eine Bezugsstrecke von 30 m für jede Schiene in Gleislängsrichtung

Da die Fahrt durch den Messgleisbogen als ein quasistatischer Versuch gilt (Fahrt mit max. 10 km/h), muss die Messbereichslänge nach [3] als eine sich mit dem Fahrzeug bewegende Bezugsstrecke über 30 m (max. Fahrzeuglänge mit Überhängen) betrachtet werden.

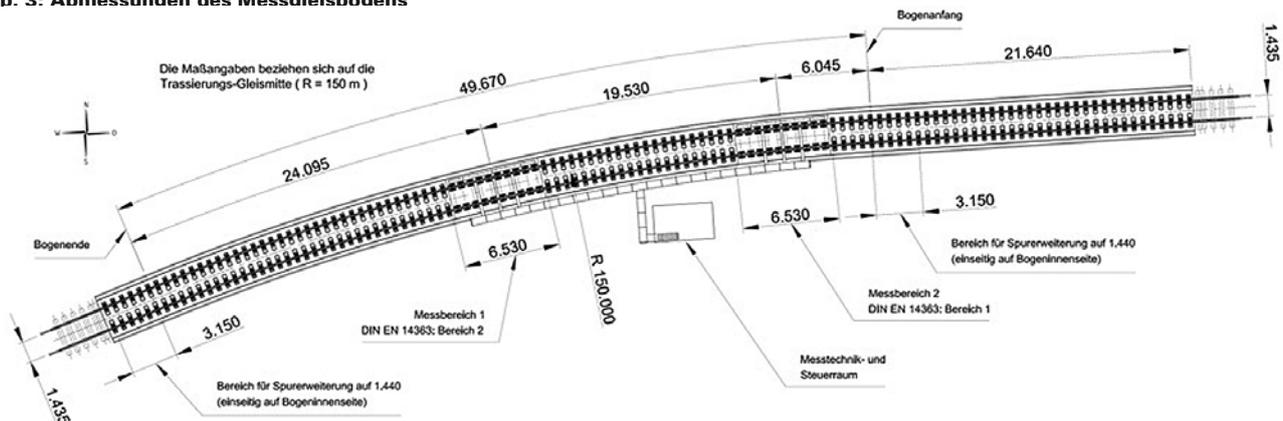
Wesentliche Anforderungen lassen sich hierbei aus den Normvorgaben /1/ ableiten:

- Trassierungsvorgaben – Vorhandensein eines Gleisbogens mit einem Bogenradius von 150 m ohne Übergangsbogen, ohne Verwindung und ohne Überhöhung sowie einer anschließenden Geraden; ebenfalls ohne Verwindung und ohne Überhöhung
- Schienenprofil – Spurweite und Unterhaltungszustand müssen die üblichen Bedingungen eines typischen Gleises widerspiegeln
- Messbereiche – diese müssen am Bogenanfang und in der Bogenmitte angeordnet sein
- Messstellen – Mindestens drei müssen davon in jedem Messbereich positioniert sein

Die Erkenntnisse des ersten Messgleisbogens im PCW und der Ergebnisse aus den Voruntersuchungen führen zu weitgehenden Anforderungen:

- Messunsicherheit für das entscheidende Kriterium – das Verhältnis von Führungs- zu Radaufstandskraft (Y/Q) soll kleiner 5% sein. Demzufolge sollen die Einzelmessgrößen Führungs- und Radaufstandskraft entsprechend kleinere Messunsicherheiten aufweisen
- Messgenauigkeit – diese soll unabhängig von den Umgebungstemperaturen sein
- Ort der Kräfteinleitung in die Schiene – unabhängig vom Ort der Radaufstandspunkte bzw. von der Lage der Berührungspunkte zwischen Schiene und Spurkranzflanke müssen die Messwerte mit der jeweils geforderten Messgenauigkeit gemessen werden können
- Y- und Q-Kräfte – unabhängig vom Verhältnis der wirkenden Y- und Q-Kräfte, müssen die Messwerte mit der jeweils geforderten Messgenauigkeit gemessen werden können
- Radsatzabstände – die Radkräfte an jedem einzelnen Rad müssen auch bei kurzen Radsatzabständen ohne gegenseitige Beeinflussung durch benachbarte Räder mit der geforderten Messgenauigkeit gemessen werden können

Abb. 3: Abmessungen des Messgleisbogens



- Radsatzlasten – die Anlage muss mit ausreichenden Reserven auch für höchste Radsatzlasten und sehr hohe Spurführungskräfte dimensioniert werden. Ausgehend von der im PCW max. zulässigen statischen Radsatzlasten von 26 t und maximal denkbarer Radlastumverteilung durch hohe Spurführungskräfte sind Gleis und Messaufnehmer für die Radaufstandskräfte bis zu 250 kN und für die Spurführungskräfte ± 180 kN zu dimensionieren
- Langzeitstabilität – Gleis und Messtechnik müssen eine hohe Langzeitstabilität aufweisen

Anforderungen für weitergehende Untersuchungen:

- Kontinuität – die Messung der Radaufstands- und Führungskräfte über die gesamten Messbereichslängen (Messfelder) muss kontinuierlich erfolgen können
- Umbaumöglichkeit – der Umbau auf andere Schienenneigungen (z.B. von 1:40 auf 1:20 oder auf 1:∞ muss gegeben sein
- Spurweiterung – der Einfluss der Spurweiterung im Gleisbogen muss messbar sein
- Gleiselastizität – die Möglichkeit, den Einfluss der Gleiselastizität zu messen, muss gegeben sein

Generell – aber insbesondere auch durch die Anerkennung des Prüf- und Validationcenters als eine vom Deutschen Akkreditierungsrat nach DIN EN ISO 17025 akkreditierte Prüfstelle – stellen sich bezüglich der Kalibrierfähigkeit und Rückverfolgbarkeit besondere Anforderungen an den Messgleisbogen:

- Kalibrierfähigkeit mit Kalibriereinrichtung – Bestückung mit auf Messnormale rückführbaren Kraftmesseinrichtungen
- Krafteinleitung – die Radaufstands- und Führungskräfte müssen während des Kalibriervorgangs einzeln und als überlagerte Kräfte eingeleitet werden können
- Kraftnebenfluss – bei der Krafteinleitung über die Kalibriereinrichtung darf es zu keinem unzulässigen Kraftnebenfluss kommen, weder innerhalb der Kalibriereinrichtung noch über das Gleis und
- die Abschätzung der Messunsicherheit – in der gesamten Mess- und Kalibrierkette muss die Abschätzung der Messunsicherheiten mit hinreichender Genauigkeit möglich sein

Realisierung

Der Messgleisbogen wurde entsprechend den Vorgaben der DIN EN 14363 errichtet – mit einem Bogenradius von 150 m und zwei Messbereichen. Der Messbereich 2 befindet sich nahe dem Bogenende, so dass hier beim Einfahren in den Bogen die Ausdrehung vorlaufender Drehgestelle noch

nicht abgeschlossen ist bzw. beim Ausfahren aus dem Bogen die Rückdrehung nachlaufender Drehgestelle stattfindet. Der Messbereich 1 hingegen ist derart im Bogen angeordnet, dass mindestens alle Laufwerke des Fahrzeuges, die dem in diesem Messbereich befindlichen Laufwerk benachbart sind, sich ebenfalls vollständig im Gleisbogen befinden. Alle wesentlichen Abmessungen des Messgleisbogens können Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. entnommen werden.

Realisiert wurde außerdem eine feste Fahrbahn mit dem System Rail-One Rheda 2000 und dem Schienenbefestigungssystem Vossloh 300. Zusätzlich erfolgte eine Verwendung von sehr robusten laserverschweißten Kraftmesszellen in Edeldstahlausführung mit sehr hoher Schutzart und hoher Langzeitkonstanz.

Erwähnenswert sind außerdem die realisierten Maßnahmen zur EMV und Überspannungsverträglichkeit der gesamten Messeinrichtung zur Sicherstellung von unverfälschten und reproduzierbaren Messergebnissen.

Die Lage der beiden Messfelder wurde so festgelegt, dass mindestens die in [1] vorgegebenen Werte eingehalten werden können. Hierzu wurden Daten besonders langer und auch besonders kurzer real existierender und zukünftig zu prüfender Fahrzeuge untersucht, um ein möglichst breites Fahrzeugspektrum testen zu können. Hier wurden insbesondere die Fahrzeugparameter Radsatzabstand im Fahrwerk 2a+ und Drehzapfenabstand 2a* betrachtet.

Fahrzeugparameter	Formelz.	langes Fahrzeug	kurzes Fahrzeug
Typisches Fahrzeug		Doppelstockwagen	Güterwagen
Radsatzabstand im Fahrwerk	2a+	2.500 mm	1.800 mm
Drehzapfenabstand	2a*	20.000 mm	5.200 mm

Tabelle 1:
Fahrzeugparameter zur Festlegung der Messfeldlage und -länge

Wie in Abb. 3 zu erkennen ist, haben beide Messbereiche eine Messlänge von je 6.530 mm. Damit können Messdaten von mehreren Radsätzen in langen Drehgestellen über eine ausreichende Messstrecke gleichzeitig gemessen werden.

Jeder Messbereich liefert für jedes Rad eine Vielzahl an Messwerten, sowohl für die Quer- als auch für die Vertikal-kraft. Dazu sind die Messbereiche in messtechnische Teilabschnitte unterteilt, in denen sich stets nur ein einziges Rad

eines Fahrzeuges befinden kann. Die Schienen selbst haben keine Unterbrechung und stellen somit einen ruhigen Fahrzeuglauf sicher. Die in den Teilabschnitten wirkenden Quer- und Vertikalkräfte werden quasikontinuierlich mit einer Frequenz von 1000 Hz gemessen, verarbeitet und in Form von Datensätzen für die weitere Verarbeitung mit einer Abtastrate von 200 Hz ausgegeben.

Der Abstand zwischen Bogenanfang und erster Messstelle ist in [1] mit > 3000 mm vorgeschrieben. Die ersten Messwerte werden bereits ab einem Abstand von 2.780 mm vom Bogenanfang erfasst. Bei der Auswertung nach Normvorgabe werden die Messwerte der ersten (bzw. letzten) 220 mm nicht berücksichtigt.

Der Abstand zwischen Bogenanfang und der Position der dritten Messstelle im Bereich 1 (entspricht im PCW dem Messbereich 2) muss nach [1] kleiner als der kleinste zu erwartende Drehzapfenabstand sein. Einen Hinweis auf sehr kleine Drehzapfenabstände gibt [4], Anhang D1. Hier wird ein Drehzapfenabstand von 5.200 mm angegeben. Daraus folgt, dass bis zu diesem Abstand vom Bogenanfang mindestens 3 gültige Messdatensätze erfasst sein sollten, um auch für Fahrzeuge mit diesem kurzen Drehzapfenabstand die Vorgaben der Norm erfüllen zu können. Durch die quasikontinuierliche Messwerterfassung kann auch dieses Kriterium sicher erfüllt werden. Soll eine Bewertung der Messergebnisse streng auf die Messwerte an den Einzelmesspunkten nach Norm beschränkt werden, so kann dies selbstverständlich durch Auswahl entsprechender Datensätze aus der quasikontinuierlichen Messwerterfassung erfolgen.

Der Mindestabstand des Messbereichs 1 zum Bogenanfang ergibt mit den Daten aus Tabelle 1 einen Wert von 22.500 mm. Auch hier wurde zugunsten der größeren Messbereichslängen ein geringfügig früherer Beginn bei 22.310 mm festgelegt.

Der Abstand zwischen dem Ende vom Messbereich 1 und dem Bogenende ist in der Norm nicht vorgeschrieben. Für den Messgleisbogen im PCW wird, bedingt durch die Bogenlänge von 49.670 mm, ein Wert von 20.830 mm erreicht. Bei diesem Wert sind auch die längeren Fahrzeuge noch vollständig im Gleisbogen bzw. in einer Position, bei der die Spurführungskräfte denen einer Bogenfahrt entsprechen.

Der Messgleisbogen ist nicht als Schottergleis sondern als „Feste Fahrbahn“ ausgebildet (Abb.4). Dadurch kann auch langfristig eine exakte Höhenlage der Schienen gewährleistet werden. Im lastfreien Zustand wird diesbezüglich die Messgleisqualität über die gesamte Bogenlänge erreicht. Auch in Querrichtung – und damit bezüglich der Einhaltung des Bogenradius – ist so, eine exakte Gleislage langfristig gegeben. Die Hersteller, die teilweise in kurzen Abständen prüfen, können sich auf stabile Steifigkeitsverhältnisse verlassen.

Um die Elastizität eines Schottergleises annähernd nachzubilden, stützen sich die Schienen über elastische Zwischenplatten auf den Schienenbefestigungselementen ab. Mit den gegenwärtig eingebauten Zwischenplatten wird eine vertikale Steifigkeit der Schienenabstützung von 22,5 kN/ mm erreicht. Durch Variation der Zwischenplatten kann dieser Wert allerdings verändert werden. Der Messgleisbogen ist mit Schienen des Typs UIC 60 ausgeführt. Seine Spurweite beträgt 1.440 mm und verfügt somit über eine Spurerweiterung von 5 mm. Dieser Wert kann durch den Austausch von Winkel-führungsplatten ebenfalls geändert werden. Durch Variation der Grundplatten der



Abb. 4: Ansicht des Messgleisbogens

Anordnung der Messbereiche von Ost nach West	
Bogenanfang (BA)	0,000m
Beginn Messabschnitte im Bereich 2	2,780m
Mitte Messbereich 2	6,045m
Ende Messabschnitte im Bereich 2	9,310m
Beginn Messabschnitte im Bereich 1	22,310m
Mitte Messbereich 1	25,575m
Ende Messabschnitte im Bereich 1	28,840m
Bogenende (BE)	49,670m

Tabelle 2: Hauptkennwerten der Messbereiche

Schienenbefestigungen kann auch die Schienenneigung geändert werden. Standardmäßig beträgt die Schienenneigung 1:40.

Für die messtechnische Erfassung der Kräfte sind innerhalb der Messbereiche unter jedem Schienenstützpunkt Mehrkomponenten-Kraftmesszellen angeordnet (Abb.5).

Jeweils zehn dieser Kraftmesszellen sind im jeweiligen Messbereich an den beiden Schienenstegen angebracht. Insgesamt werden also 40 Mehrkomponenten-Kraftmesszellen eingesetzt, die die Quer- und die Vertikalkräfte, die vom Rad über die Schienen zum Fahrbahnuntergrund übertragen werden, erfassen.

Im Schienensteg wurden ebenfalls mehrere Schubkraftsensoren in Bohrungen eingepresst. Diese sind gut in Abb. 5 erkennbar und dienen vor allem auch der Positionserkennung der Räder und somit der Zuordnung der Messsignale der 40 Kraftmesszellen zu den einzelnen Rädern des Fahrzeuges. Die Messsignale von den Schubkraftsensoren werden mittels spezieller Messkabel zu Gleichspannungsmessverstärkern übertragen. Diese befinden sich in einem Schaltschrank im Messtechnik- und Steuerraum. Abb. 6 vermittelt einen Eindruck vom Umfang der installierten Messtechnik.

Die verstärkten Messsignale werden über A/D-Wandler dem Messdaten-Erfassungsrechner zugeführt und mittels spezieller Software ausgewertet.

Die quasikontinuierliche Messung der Radkräfte an vielen Rädern – auch bei sehr kleinen Radsatzabständen – stellt sehr hohe Ansprüche an die Messtechnik und die Auswertung der Messdaten. Hinzu kommt die Anforderung, dass die Schienen auch in den Messfeldern ohne Unterbrechungen und ohne Abweichungen von den üblichen Elastizitätseigenschaften errichtet werden mussten.

Im Verlauf der Projektumsetzung wurde vom Lieferanten des Messgleisbogens, der Firma Schenck Process GmbH, das vorhandene Messprinzip zum Messen der vertikalen Radaufstandskräfte im geraden Gleis in Zusammenarbeit mit dem PCW wesentlich erweitert, um unter anderem auch die horizontal wirkenden Spurführungskräfte messen zu können. So können alle gestellten Anforderungen an den neuen Messgleisbogen erfüllt werden.

Da bei jeder Überfahrt je Messbereich deutlich mehr Messdatensätze als in der Norm (drei Datensätze) gefordert erfasst werden, können die Messergebnisse mit einer hohen statistischen Absicherung untermauert werden. Das ist bei einer Prüfung der Sicherheit gegen Entgleisen ein entscheidender Vorteil gegenüber den bislang eher zufälligen Messwerten an den jeweils drei Messstellen je Messfeld und Schiene.

Bei der Auswertung der Messdaten können kritische Messwerte näher analysiert werden. Hierunter fallen beispielsweise:

- die absoluten Maximal- und Minimalwerte,
- die Wirklänge (Streckenlänge) besonders hoher und damit kritischer Werte für das Verhältnis von Führungskräften zu Radaufstandskräften sowie
- gemittelte Werte über eine vorgegebene Streckenlänge

Befinden sich alle Räder eines Drehgestells in einem Messbereich, können auch durch die vollständige Information aller Radkräfte sinnvolle Plausibilitätsprüfungen erfolgen, wie etwa die Summe der Führungskräfte und die Summe der Radaufstandskräfte.

Somit steht neben der Kalibrierung ein weiteres Verifikationinstrument bereit, um die Gültigkeit der Messdaten schnell überprüfen zu können.

Die Kraftverläufe ermöglichen sogar zusätzlich den Abgleich mit den Mehr-Körper-Simulationen, die heute bei der Auslegung eines neuen Fahrzeuges hinsichtlich seiner Fahreigenschaften Stand der Technik sind. Mit Hilfe der Messwerte können diese zum einen verifiziert und gleichzeitig auch verbessert werden.



Abb. 5: Ansicht des Messbereiches 1 mit Schubkraftsensoren im Detail



Abb. 6: Das Innenleben des Schaltschranks im Messtechnik- und Steuerraum mit über 160 Gleichspannungsmessverstärkern, und dem Rechner, der auch A/D-Wandler enthält

Messdatenauswahl für die Zeitpunkte, wo sich 2 Radsätze eines Drehgestells gleichzeitig in je einem der beiden Messfelder befinden

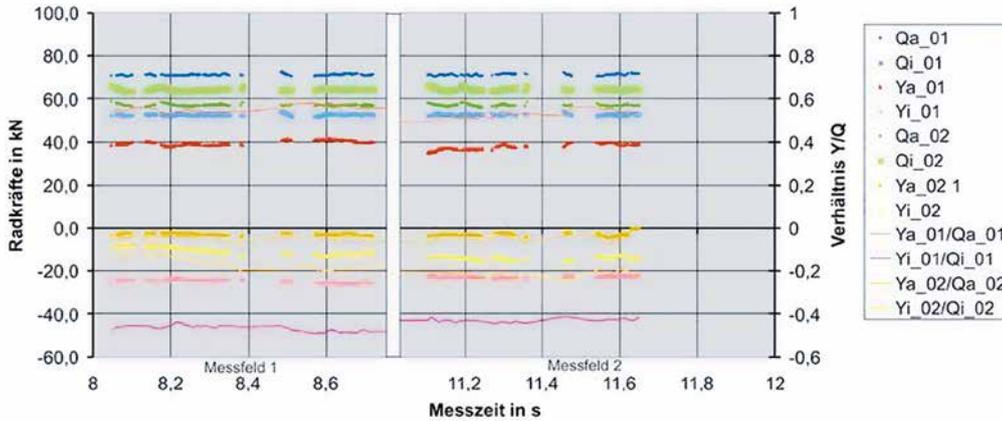


Abb. 7: Messdaten einer Überfahrt

Kalibrierung und Justage

Mehrere Messaufnehmer unter den Schienen des Messgleisbogens und in den Schienenstegen wirken stets zusammen, wobei die Radkräfte durch Kenntnis der Überlagerungsfunktionen berechnet werden müssen. Eine einzelne Kalibrierung dieser Messaufnehmer auf einem Laborprüfstand gibt somit keinerlei Rückschluss auf die zwischen Rad und Schiene wirkenden Kräfte im Messgleisbogen.

Daher wurde zusammen mit dem Neubau des Messgleisbogens auch eine Kalibriereinrichtung entwickelt und beschafft, mit der die im Messgleisbogen wirkenden Kräfte gezielt aufgebracht werden können. Sie muss zum einen die gestellten Anforderungen hinsichtlich der unabhängigen Krafteinleitung ohne verfälschende Kraftnebenflüsse mit der notwendigen Messgenauigkeit sicherstellen und zum anderen die Kalibrierung möglichst effizient gestalten.

Diese Kalibriereinrichtung ist in Längsmittle unter einem Flachwagen vom Typ Smmp montiert (Abb. 8 Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.). Der Flachwagen hat einen Drehgestellabstand von 9.400 mm mit einem Radsatzabstand in den Drehgestellen von je 2.000 mm.

Die inneren Räder sind somit 3.700 mm von der Kalibriereinrichtung entfernt. In diesem Abstand sind Kräfte, welche von den Rädern des Güterwagens ausgehen, an der zu kalibrierenden Position unbedeutend. Damit die vertikalen Prüfkräfte auf beide Schienen aufgebracht werden können, wird der Flachwagen zuvor mit ca. 50 t beladen.

Die Kalibriereinrichtung ermöglicht das Aufbringen von vertikalen Prüfkräften auf beide Schienen jeweils bis zu einer Höhe von 250 kN bei gleichzeitig wirkenden horizontalen Prüfkräften von bis zu 180 kN zur Gleisaußenseite bzw. 100 kN zur Gleisinnenseite. Die überlagerte Lasteinleitung notwendig, weil alle bekannten Mehrkomponenten-Messaufnehmer mehr oder weniger eine Beeinflussung der unterschiedlichen Lastrichtungen aufweisen und bei der Bogenfahrt diese Überlagerung in zunächst unbekanntem Verhältnis stets auftritt. Bereits bei der Entwicklung der Messaufnehmer wurde darauf geachtet, dass diese gegenseitige Beeinflussung so gering wie möglich ist. Hierzu erfolgten entsprechende Nachweise im Prüflabor des Lieferanten.

Da das Gleis kein starres System ist und sich folglich unter Last verformt, dürfen durch die überlagerte Lasteinleitung keine dadurch hervorgerufene Verspannungen und damit einhergehende Störkräfte entstehen. Diese würden die Kalibrierung unzulässig verfälschen. Deshalb wurde bei der Konstruktion der Kalibriereinrichtung größter Wert darauf gelegt, dass die hierfür erforderlichen Freiheitsgrade erhalten bleiben. Realisiert wurde das, indem die Vertikalkräfte über horizontale Linearführungen übertragen werden.

Diese Linearführungen haben auch bei hohen Kräften einen nur sehr kleinen, in seiner Größenordnung bekannten Verschiebewiderstand. Damit können sich die Schienen bei zusätzlich wirkender Horizontalkraft nach außen oder innen verbiegen, ohne dass durch die von den Vertikalkräften aufgebraachte Reibung zwischen Lasteinleitungspunkt und Schiene diese Verformung verhindern und um den Betrag der Reibkraft verfälschen würde. Zusätzlich kann mit Hilfe der Linearführungen die Kalibriereinrichtung quer unter

dem Flachwagen verfahren werden, so dass die Kalibrierung sowohl im Vollbogen als auch im Bogenanfang möglich ist.

Die Lasteinleitungsstelle für die Prüfkraft in die Schiene ist derart konzipiert, dass diese über eine Kalotte an einer genau definierten Stelle in Schienenlängsrichtung erfolgt. In Schienenquerrichtung kann die Lasteinleitungsstelle an acht, in Querrichtung verschiedenen Positionen auf dem Schienenkopf erfolgen sowie zusätzlich an den Schienenkopfflanken. Damit können bei der Kalibrierung die unterschiedlichen Stellungen des Radsatzes simuliert werden, die er durch das vorhandene Spurspiel einnehmen kann. Mit der Möglichkeit, die Kräfteinleitung an verschiedenen Lasteinleitungsstellen vorzunehmen, kann der Grad der Unabhängigkeit vom Lasteinleitungsort jederzeit bestimmt werden.

Mit der Kalibrierung wird zunächst bestimmt, wie genau die vom Messgleisbogen erfassten Kräfte mit den Referenzkräften übereinstimmen, die in der Kalibriereinrichtung

gemessen werden. Hierzu werden die Messdaten der Kalibriereinrichtung gemeinsam mit den Messwerten des Messgleisbogens in einer Datei aufgezeichnet. Die in der Kalibriereinrichtung eingebauten Referenzkraftaufnehmer lassen sich mit wenigen Handgriffen demontieren. So ist es möglich, diese, wiederum rückführbar auf Kraftnormale im Prüflabor, einfach zu kalibrieren.

Die zum Messgleisbogen gehörende Software kann diese Unterschiede auswerten, indem die Aufzeichnungen aller oder ausgewählter Kalibriermessungen verwendet werden können. Sind die Unterschiede bekannt, so werden dann mit Hilfe der Software entsprechende Justagefaktoren berechnet.

Diese Justagefaktoren stellen eine bestmögliche Übereinstimmung der vom Messgleisbogen gemessenen Kräfte mit denen von der Kalibriereinrichtung her. Die Übereinstimmung ist umso besser, je mehr Kalibrierpositionen in Längsrichtung angefahren worden sind.



Abb. 8: Beladener Flachwagen von Typ Smp mit Kalibriereinrichtung



Abb. 9: Kalibriereinrichtung

Neue Dimension für Messwerte

Mit dem neuen Messgleisbogen im Prüf- und Validation-center Wegberg-Wildenrath wurde erstmals die Möglichkeit geschaffen, die zwischen Rad und Schiene wirkenden Kräfte über je zwei ca. 6,5 m lange Messabschnitte quasikontinuierlich und unabhängig von fahrzeugseitigen Mess-elementen zu bestimmen. Der Aufbau des Gleises als „Feste Fahrbahn“ garantiert hinsichtlich der Gleiselastizitäten Werte, die den von der Norm geforderten üblichen Standards entsprechen. Allerdings ist hier, gegenüber dem Schottergleis, eine hohe Langzeitstabilität zu erwarten. Weiterhin ermöglicht dieser Fahrbahnaufbau auch eine einfache Messbarkeit und damit Überprüfbarkeit der Elastizitätswerte.

Mit der neuen Kalibriereinrichtung können alle zu messenden Größen einzeln und bei überlagerter Krafteinleitung von Vertikal- und Horizontalkraft auf Kraftnormale rückführbar kalibriert werden. Der Ort der Lasteinleitung in die Schiene ist variabel über den gesamten Bereich möglicher Berührungspunkte zwischen Rad und Schiene.

Die Messgenauigkeit wurde inzwischen über weite Bereiche der möglichen Lasteinleitungspunkte nachgewiesen. Messwerte, die derzeit noch nicht unsere Anforderungen erfüllen, werden in der Auswertung ausgeschlossen. Auch die Normenanforderungen hinsichtlich der Anzahl der gültigen Messwerte werden in jedem Falle bereits deutlich überschritten, da bei einer Überfahrt mit 2 m/s und 200 Hz Abtastrate etwa 300 gültige Messdatensätze je Rad und Messbereich verfügbar sind. Eine weitere Erhöhung der Messgenauigkeit ist durch zusätzliche Kalibriermessungen sowie mit der noch laufenden Optimierung der Auswertesoftware zu erwarten. Inzwischen wurden Messungen im Kundenauftrag an zwei Triebzügen vorgenommen, wobei ein Triebzug seit mehreren Monaten bereits seine Zulassung erhalten hat und der andere Zug sich derzeit in der Zulassungsphase befindet.

Über die Normenanforderungen hinaus, können zusätzliche Messwerte aufgenommen werden. Dadurch können das Bogenlaufverhalten der zu prüfenden Fahrzeuge sowie deren Eigenschaften hinsichtlich der Sicherheit gegen Verwindungsentgleisung erfasst werden.

Wo die Norm nur 3 Stellen je Messfeld vorsieht, an denen die zwischen Rad und Schiene wirkenden Kräfte gemessen werden, kann die Prüfeinrichtung im PCW mehr. Die Anordnung der Sensoren ermöglicht es, erstmals in jeder der beiden Felder eine quasikontinuierliche Messung der Führungs- und Radaufstandskräfte aller Räder eines zu prüfenden Zuges vorzunehmen.

Summary

New measuring track curve at the Wegberg-Wildenrath test and validation centre.

With a wheel load balance, rotary tilting table, tilting rig and measuring track curve, the Wegberg-Wildenrath test and validation centre (PCW) has all the major testing installations needed to demonstrate the roadworthiness of rail vehicles according to DIN EN 14363.

The measure track curve was renovated in mid-2008, since when it has provided not only highly accurate measurements of standard requirements but also other measuring possibilities. The performance of test vehicles in curves can be recorded with greater accuracy.

The standard provides for only three separate measuring points for each measuring field to record wheel forces.

The positioning of the sensors in the PCW enables a quasi-continuous measurement of the track guiding forces and wheel vertical forces of all wheels of a test vehicle in each of the two measuring fields.

Literatur

[1]

DIN EN 14363:2005 Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Schienenfahrzeugen – Prüfung des Fahrverhaltens und stationäre Versuche“

[2]

UIC 530-2 Güterwagen – Fahrsicherheit, Ausgabe 5, Dezember 2005

[3]

DIN 27202-10 Zustand der Eisenbahnfahrzeuge – Fahrzeugaufbau und Sondereinrichtungen – Teil 10: Messen Fahrzeugaufbau

[4]

Technische Spezifikation für die Interoperabilität zum Teilsystem „Fahrzeuge – Güterwagen“ des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L344/1, 2006

Autor



Dipl.-Ing. Thomas Weise
Prüfingenieur
Prüf- und Validationcenter
Wegberg-Wildenrath, Siemens AG

thomas.weise@siemens.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