



In Messfahrten nachgewiesene
Vorteile des LEILA-
Güterwagendrehgestells

Advantages of the LEILA freight car
bogie proved by test runs

Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht, Berlin
Dipl.-Ing. Johannes Keudel, Berlin

In Messfahrten nachgewiesene Vorteile des LEILA-Güterwagendrehgestells

Advantages of the LEILA freight car bogie proved by test runs

Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht, Dipl.-Ing. Johannes Keudel, Berlin

Zusammenfassung

Das Deutsch-Schweizer Gemeinschaftsprojekt „*Leichtes und Lärmarmes Güterwagendrehgestell – LEILA-DG*“ hat zum Ziel, mit dem Laufwerk die Schlüsselkomponente des Schienengüterverkehrs durch zeitgemäße Technik nachhaltig zu verbessern und so die Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs zu stärken. LEILA-DG zeichnet sich konstruktiv insbesondere durch eine Innenlagerung, eine gummi gefederte Primärfederstufe, eine Radscheibenbremse sowie eine Radsatzkopplung durch Kreuzanker aus. Ein mit LEILA-DG ausgerüsteter Containertragwagen dient als erster Erprobungsträger, mit dem leer wie beladen und im Vergleich zu einem baugleichen Y25-Wagen verschiedentlich Versuchsfahrten innerhalb der Schweiz unternommen wurden. Die Ergebnisse von stationären Vorbeifahrten weisen darauf hin, dass das Projektziel eines maximalen Schalldruckpegels von 78 dB(A) und der angestrebte Dauerschallpegel von 74 dB(A) unter Vorbehalt noch zu großer Radrauheiten nahezu erfüllt wird. Hinsichtlich des Laufverhaltens bestätigen die Messergebnisse zunächst die prinzipielle Machbarkeit der Innenlagerung trotz der notwendigen größeren vertikalen Nennsteifigkeit. Darüber hinaus zeigt sich für das LEILA-DG im Vergleich zum Y25-Drehgestell ein deutlich vorteilhafteres Bogenlaufverhalten. Ein exemplarischer Vergleich von Simulation und Messung zeigt in einer guten Übereinstimmung der Ausdrehbewegung von Radsätzen und Drehgestellrahmen die Modellgüte für beide Drehgestelle auf.

Abstract

The aim of the Swiss-German joint project “*Leichtes und Lärmarmes Güterwagendrehgestell – LEILA-DG*” (light and low noise freight car bogie) is to improve the key component of rail freight traffic by means of the bogie lastingly by applying up-to-date technology and thus to strengthen the competitiveness of rail traffic. LEILA-DG is designed as an inner framed bogie. Furthermore, its construction particularly contains a rubber sprung primary suspension, a wheel mounted disc brake as well as wheel sets coupled by cross anchors. Various test rides have been performed within Switzerland with an empty and loaded container wagon and in comparison to a structurally identical Y25 equipped car as well. The acoustic results of static passings indicate that the project’s aim not to exceed a maximum sound pressure level of 78 dB(A) and the aspirated equivalent average pass-by sound level of 74 dB(A) is nearly achieved with reservations to yet excessive wheel roughness.

In consideration of the running behaviour, the measurement results confirm the fundamental feasibility of inner framed bogies despite the necessary higher vertical nominal stiffness. Moreover LEILA-DG presents an advantageous running behaviour in curved tracks compared with a Y25 bogie. An exemplary comparison between simulation and measuring shows, in good accordance with the yaw movements of wheel sets and bogie frames, the high model quality for both bogies.

1. Einleitung

Das in Graz erstmals 2002 vorgestellte Projekt „*Leichtes und Lärmarmes Güterwagendrehgestell – LEILA-DG*“ ist ein Deutsch-Schweizer Gemeinschaftsvorhaben von Industrie und Hochschule [1] unter Federführung der JOSEF MEYER Waggon

AG, Rheinfelden (Schweiz). Dabei wurde LEILA-DG seitens des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF (Bonn/Berlin) in den Jahren 2000 bis 2005 und wird seitens des Bundesamts für Umwelt BAFU (Bern) nach wie vor gefördert. Die

Antragsphase und damit einhergehend die Zielsetzung des Projekts ist nunmehr nahezu zehn Jahre her – seinerzeit befand sich beispielsweise die K-Sohle noch mit ungewisser Zukunft in der Erprobung und war keinesfalls Stand der Technik [2, 3].

Vor dem Hintergrund der in die Jahre gekommenen herkömmlichen Güterwagendrehgestelle, einer prognostizierten erheblichen Zunahme der europäischen Verkehrsleistung [4, 5] und dem politischen Willen eines Modal Splits zugunsten des Schienenverkehrs [6], ist es Ziel des Projekts LEILA-DG, mit dem Laufwerk die zentrale Schlüsselkomponente des Schienengüterverkehrs durch zeitgemäße Technik nachhaltig zu verbessern und so die Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs deutlich zu stärken.

Zu diesem Zweck kann das LEILA-DG mit dem Konzept „so wenig Innovation wie möglich, so viel Innovation wie nötig“ migrationsfähig in das bestehende System Schienengüterverkehr integriert werden und es verfügt über die ohnehin bestehenden Zulassungskriterien hinaus über deutlich mehr Funktionalität [7].

Während die Entwicklung zunächst von umfangreichen Simulationsrechnungen begleitet wurde, bietet der erste Erprobungsträger die Möglichkeit einer Bewertung anhand von Messwerten. Dazu hat ein mit LEILA-DG ausgerüsteter Containertragwagen der HUPAC SA aus dem Hause JOSEF MEYER Waggon AG (*Bild 1*) bereits einige Versuchsfahrten absolviert.

Der Fokus des vorliegenden Beitrags liegt dabei insbesondere auf Erkenntnissen zur Lauftechnik aus Messung und Simulation aber auch auf Aspekten der Akustik.

2. Komponenten des LEILA-DG

Auf Basis der im Jahr 2002 in Graz präsentierten Konzeption [1] ist LEILA-DG nunmehr zu einem realen Erprobungsträger gereift. *Bild 2* zeigt die wesentlichen Komponenten. Die innengelagerten Radsätze weisen Radbremsscheiben auf [8]. Die Primärfederstufe besteht aus Gummifedern, deren lastabhängige Steifigkeitscharakteristik weitgehend in vertikal und horizontal wirkende Bauteile separiert ist. Ein Kreuzanker verbindet die jeweils diagonal gegenüber befindlichen Lagergehäuse, wobei sich die beiden Kreuzankerstangen in Drehgestellmitte berührungslos durchdringen. Die Verwendung von herkömmlicher UIC-Drehpfanne sowie seitlichen gefeder-



Bild 1: Mit LEILA-DG ausgerüsteter Containertragwagen

ten Gleitstücken garantiert die Austauschbarkeit des Drehgestells zu existierenden Bauarten in Bezug auf die Krafteinleitung des Fahrzeugaufbaus. Eine unter der Drehpfanne befindliche Sekundärfeder bietet unter Einhaltung des zulässigen Wankverhaltens insbesondere eine Erweiterung der Querfedereigenschaften.

Die Innenlagerung des LEILA-DG ermöglicht dabei aufgrund des günstigeren Kraftflusses eine prinzipiell geringere Masse nicht nur des Drehgestellrahmens sondern insbesondere auch des Radsatzes [9]. Das unabhängig von der Radlauffläche wirkende Bremssystem trägt im Gegensatz zur Klotzbremse keine wesentliche

Wärmeenergie in den Radkranz ein und lässt daher einen akustisch wünschenswert geraden Radsteg zu [10, 11]. Zudem wird das Rad als Element wesentlicher Schallabstrahlung durch die Bremsscheibe bedämpft. Mit Gummifedern lässt sich neben der vom Personenverkehr her bekannten vorteilhaften Körperschallentkopplung und Dämpfung im höher frequenten Bereich über 50 Hz zudem leicht eine vertikal stark progressive Kennlinie realisieren, die ein Erreichen des Überlastanschlags unterbindet. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund steigender Fahrgeschwindigkeiten bei fragwürdiger Gleislagequalität und dem Aufwand vor-

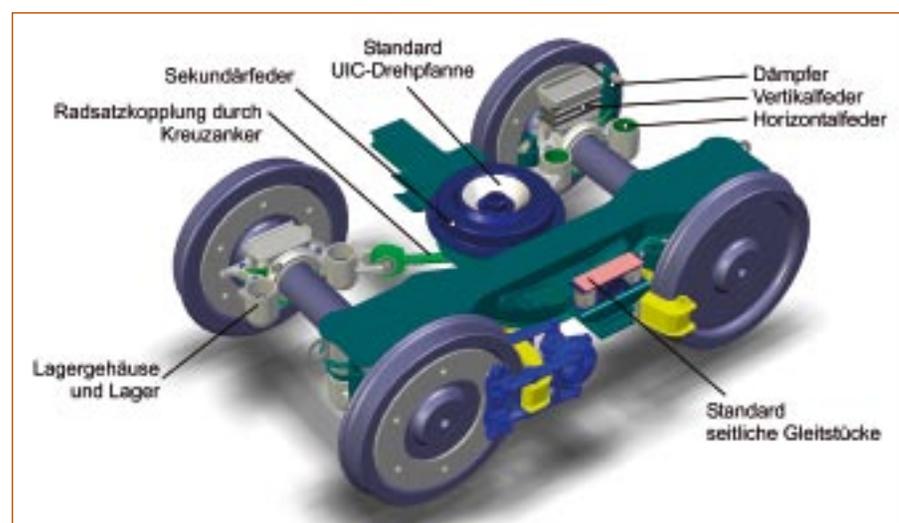


Bild 2: Komponenten des LEILA-DG



Bild 3: Beladener Messzug während der Alpenquerung am 27.06.2006 im Bahnhof Erstfeld

geschriebener Rissprüfungen im Falle eines Überlastkontakts nützlich. Der Kreuzanker löst den Zielkonflikt von radialer Einstellung im Bogen und Laufstabilität bei schneller Geradenfahrt: einerseits bewirkt der Kreuzanker bei der Bogenfahrt auch bei widrigen Schienenquerprofilen noch eine selbsttätige radiale Einstellung der Radsätze; andererseits unterbindet diese Radsatzkopplung ein Schlingern der Radsätze bei schneller Fahrt in der Geraden.

3. Messfahrten auf dem Schweizer Streckennetz

Im Frühjahr und Sommer 2006 wurden mit dem leeren wie auch auf 90 t beladenen LEILA-DG-Fahrzeug verschiedentlich Versuchsfahrten innerhalb der Schweiz unternommen, die diversen Prüfdisziplinen galten. Der Versuchszug, der in *Bild 3* während einer Alpenquerung über den Gotthard abgelichtet ist, besteht dabei neben dem LEILA-DG-Wagen aus einem be-

mannten Messwagen sowie zu Vergleichszwecken einem baugleichen aber mit herkömmlichen Y25-Drehgestellen ausgerüsteten Containertragwagen.

Die mitgeführte Sensorik erfasst dabei insbesondere den kinematischen Zustand der jeweils vorlaufenden Drehgestelle, einige relevante Kräfte bzw. Dehnungen, akustisch relevante Beschleunigungsgrößen, insbesondere am Rad, sowie den drehstellnahen Schalldruckpegel, während auf Messradsätze in diesem Erprobungsstadium noch verzichtet wurde.

4. Exemplarische Ergebnisse

Die während der Messfahrten aufgezeichneten Daten erlauben vielfältige Auswertungen. Unabhängig von selbstverständlich durchgeführten sicherheitsrelevanten Beurteilungen sollen hier exemplarisch weiterführende Erkenntnisse hinsichtlich Akustik und insbesondere des Laufverhaltens vorgestellt werden.

4.1 Akustisches Verhalten

Schienen-Güterverkehr zeichnet sich im Allgemeinen durch eine hohe Schallemission aus, die in der Regel durch das Rollgeräusch dominiert wird. So beträgt der Dauerschallpegel eines konventionellen Güterwagens mit Grauguss-Klotzbremse (GG-Sohle) bei 80 km/h in 7,5 m Entfernung zur Gleisachse 92 dB(A) [12]. Mit LEILA-DG wird ein maximaler Schalldruckpegel von 78 dB(A) [1] bzw. als Dauerschallpegel 74 dB(A) (Vergleichswert nach [13, 14]) angestrebt [15]. Heutzutage verfügbare Bremsklötze aus Kunststoffverbund (K-Sohle), die bei Neufahrzeugen zunehmend eingesetzt werden aber zum Projektbeginn von LEILA-DG noch mit ungewisser Zukunft in der Entwicklung begriffen waren [3], bringen gegenüber der GG-Sohle eine Minderung von 8 bis 10 dB [16]. Der Grenzwert nach TSI Noise [14] (Dauerschallpegel für die Vorbeifahrt) von 83 dB(A) wird somit von LEILA-DG deutlich unterschritten.

Im Rahmen der Messfahrten wurde das reale Verhalten von LEILA-DG sowohl

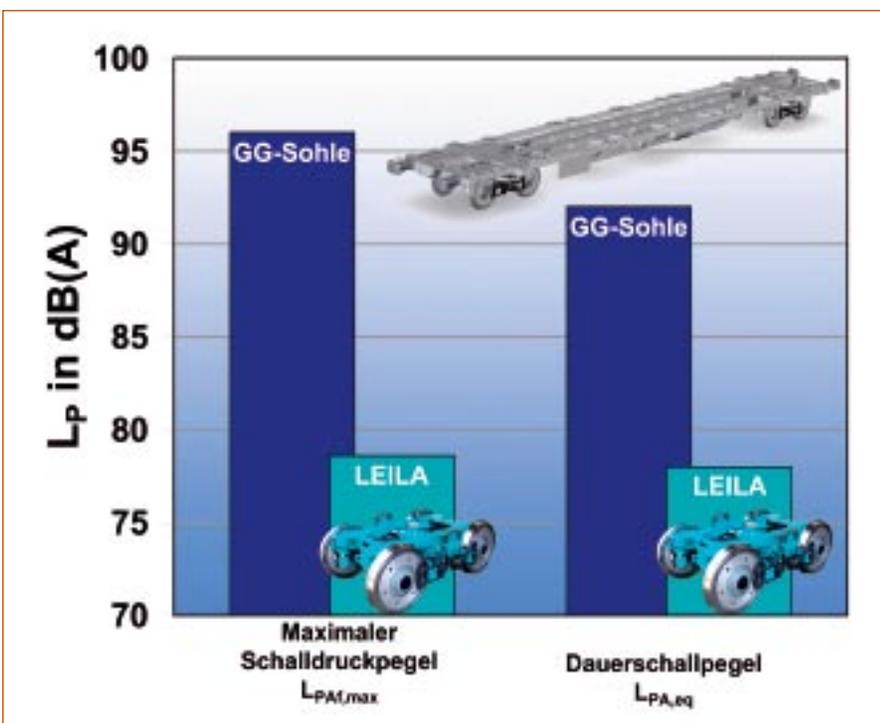


Bild 4: Schalldruckpegel des LEILA-DG (trotz noch zu großer Radrauheit) im Vergleich zu Güterwagen mit GG-Sohle

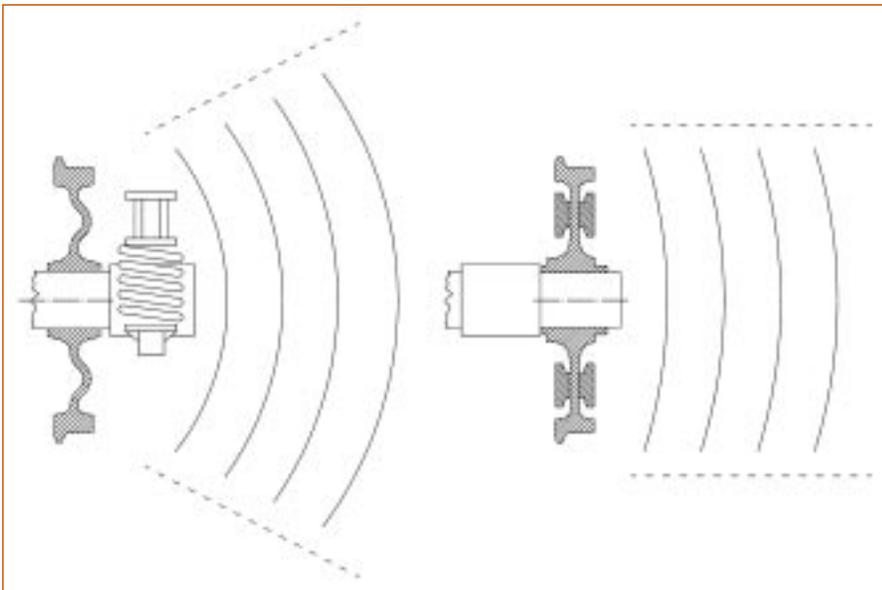


Bild 5: Unterschiedliche Abstrahlcharakteristik (schematisch): links Y25-Drehgestell, rechts LEILA-DG

stationär in der Vorbeifahrt [13, 14], als auch fahrzeugseitig gemessen. Die Ergebnisse weisen auf eine Erfüllung der hohen Erwartungen hin. Verschiedene Umstände, wie insbesondere eine sehr hohe

Laufflächenrauheit des LEILA-DG infolge von Werksgeländefahrten, haben jedoch bislang noch keinen objektiven Vergleich unter normgerechten Randbedingungen zugelassen. Die Messungen ergaben einen

Maximal-Pegel von 78,6 dB(A) sowie einen Dauerschallpegel von 78,0 dB(A) [17] (Bild 4). Für den Fall üblicher Radrauheiten ist von einer weiteren Reduktion des Schallpegels um 4 dB auszugehen.

Die fahrzeugseitigen Messungen zeigen deutliche Vorteile für das LEILA-DG. In Relation zum mitgeführten neuwertigen Y25-Drehgestell mit moderner K-Sohle und zudem günstigen Radrauheiten wurden an repräsentativen Stellen an Rad, Drehgestellrahmen und Fahrzeugaufbau bis zu 20 dB(A) geringere Körperschallpegel gemessen. Insbesondere die Radscheibe und der Radkranz weisen hier große Differenzen zum Y25-Drehgestell auf. Dabei wirken sich insbesondere eine akustische Entkopplung zum Drehgestellrahmen durch die Gummifederung, eine minimierte Oberfläche des Rades durch eine gerade Stegform sowie die quellennahe Dämpfung des Rades durch die darauf montierten Brems scheiben positiv aus.

Weiterhin sind deutlich Unterschiede in der Abstrahlcharakteristik festzustellen, die für das mitgeführte Y25-Drehgestell als sphärisch und für LEILA-DG hingegen als zy-

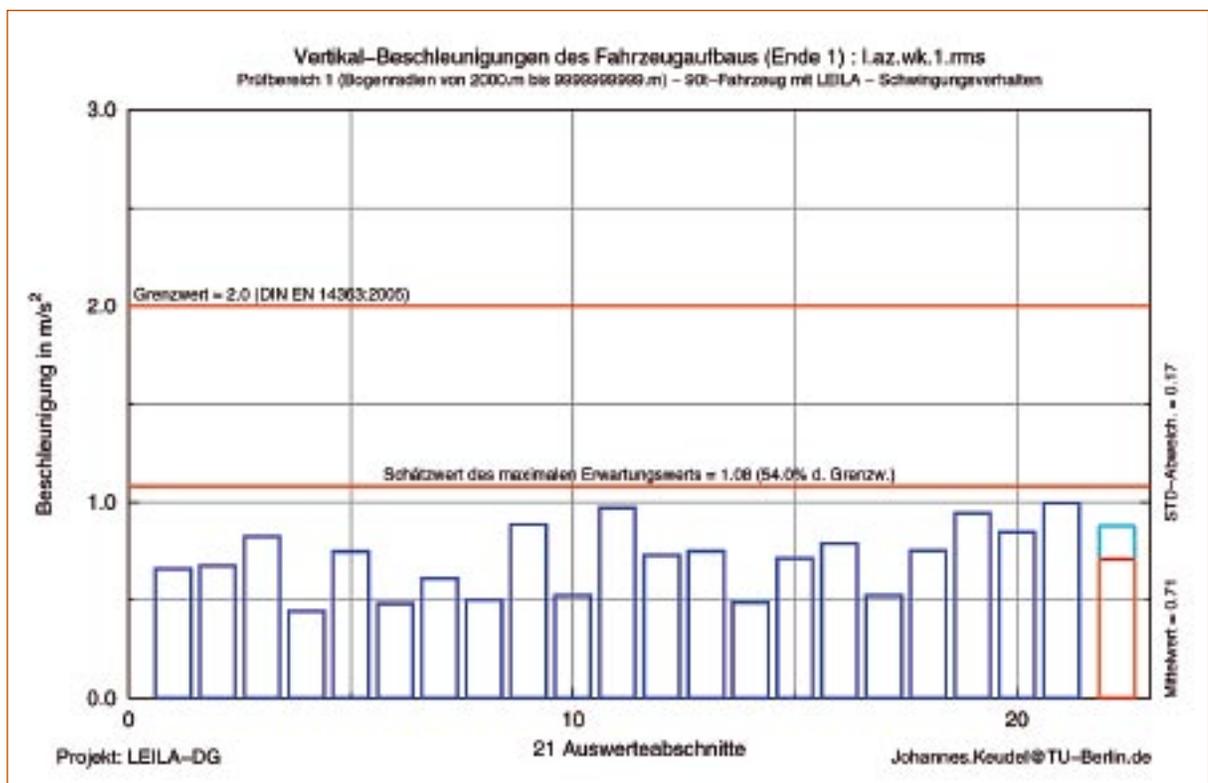


Bild 6: Vertikales Schwingungsverhalten des LEILA-DG in der Geraden

lindrisch zu bezeichnen ist (Bild 5). Die Ursache ist hier insbesondere im geraden Radsteg und der Innenlagerung von LEILA-DG zu sehen. Die zylindrische Abstrahlung erweist sich nicht zuletzt hinsichtlich der Wirksamkeit niedriger stationärer Lärm-schutzeinrichtungen als vorteilhaft.

4.2 Lauftechnische Grund-funktionalität

Der LEILA-DG-Wagen (Bild 1) hat die grundlegenden Prüfdisziplinen der Entgleisungssicherheit wie auch der Laufstabilität für zunächst bis zu 120 km/h erfolgreich absolviert. Ein Potenzial für höhere Fahr-geschwindigkeiten besteht, dies soll aber nicht Gegenstand dieses Beitrags sein. Der Innenlagerung wird oftmals nach-gesagt, dass sie wegen der größeren

Vertikalsteifigkeit, die insbesondere beim beladenen Fahrzeug für gleiches Wankver-halten notwendig ist, nicht zulassungsfähig funktionieren könne. Dem steht entge-gen, dass sich andere innengelagerte Lauf-werke, wie beispielsweise das LTF25 im Güterverkehr oder das B5000 [18, 19] im Personenverkehr, etabliert haben. Wie die Beurteilung der vertikalen Beschleunigun-gen des Fahrzeugaufbaus in Bild 6 exem-plarisch für den beladenen LEILA-DG-Wa-gen in der Geradenfahrt zeigt, wird hier der Grenzwert mit erheblicher Reserve ein-gehalten.

Dieses Vorurteil gegen die Innenlagerung bei Güterwagendrehgestellen mag darin begründet sein, dass allein die nominel-len Federsteifigkeiten des Y25-Drehgestells für den Steifigkeitsvergleich herangezogen werden, ohne Reibungseffekte zu berück-sichtigen. Wie die gemessene vertikale

Charakteristik der Primärfederstufe eines Y25-Drehgestells in diskreten Übergängen vom Haften ins Gleiten und umgekehrt zeigt (Bild 7), fällt die effektive Steifigkeit in den steilen Hysteresefflanken des Haf-tens gegenüber der Feder-Nennsteifigkeit nahezu unendlich aus. Anders gesagt: erst bei gegenüber der Nennsteifigkeit des Y25-Drehgestells deutlich größerer Vertikalsteifigkeit erreicht das LEILA-DG die effektive Vertikalsteifigkeit des Y25-Drehgestells.

4.3 Bogenlaufverhalten

Das Bogenlaufverhalten lässt sich anhand des geometrisch gut vorstellbaren Maßes des Schräglaufwinkels beurteilen, der nicht durch Grenzwerte limitiert ist. Der Schräglaufwinkel bezeichnet dabei den zwischen

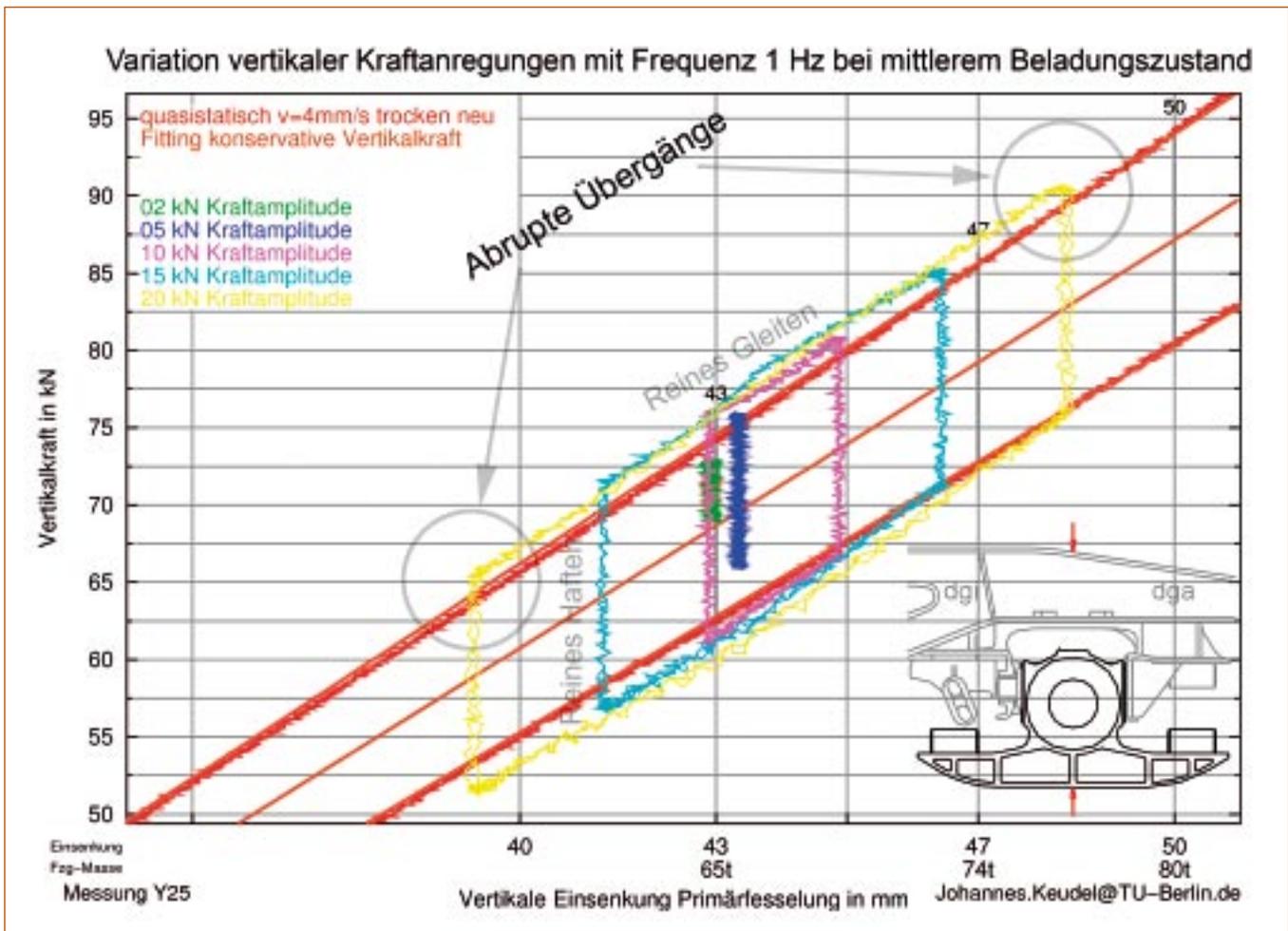


Bild 7: Im Labor gemessene vertikale Charakteristik der Y25-Primärfederstufe [20]

der Rollrichtung eines Rades und der Gleis-tangente verbleibenden Gierwinkel. Seine Größe ist ein Indiz für den zu erwartenden Verschleiß von Rad und Schiene, den benötigten Traktionsbedarf respektive die Bilanz der CO₂-Emission, das Kurvengeräusch sowie die Materialbeanspruchung respektive die zu erwartenden Materialermüdungsschäden von Rad und Schiene.

In *Bild 8* sind Schräglaufwinkel über dem Bogenradius aufgetragen, die aus Messwerten des beladenen LEILA-DG- sowie Y25-Wagens ermittelt wurden. Jeder Punkt entspricht dabei dem Mittelwert eines Abschnitts konstanter Randbedingungen im Vollbogen, wobei Fahrgeschwindigkeit und freie Seitenbeschleunigung zwischen den Abschnitten entsprechend dem normalen Fahrbetrieb zum Teil deutlich variieren. Diesen Punktansammlungen sind Fitting-funktionen (durchgezogene Verläufe) über-

lagert. Nahezu unabhängig von der freien Seitenbeschleunigung lässt sich für beide Fahrwerke eine deutliche Abhängigkeit vom Bogenradius ausmachen, wobei die in grün gehaltenen Werte des LEILA-DG gegenüber dem Y25-Drehgestell insbesondere bei engeren Bögen deutlich geringer ausfallen. So zeigt das *Bild 9* am Beispiel der Tunnelschleife Leggistein (Schweiz) eine Reduktion des Schräglaufwinkels um 65 %.

Letztendlich wirkt sich allein diese technische Funktionalität der passiven radialen Einstellung für mehrere am Schienengüterverkehr Beteiligte in geringeren Instandhaltungskosten an Fahrzeug und Strecke sowie weniger Kosten für Traktionsenergie respektive eine bessere CO₂-Bilanz [21] monetär vorteilhaft aus. Künftig zu erwartende belastungs- und lärmabhängige Trassenpreise verstärken diesen Effekt.

4.4 Korrelierende Bogenlauf-simulation

Die numerische Simulation des Laufverhaltens von Güterwagen wird ganz im Gegensatz zu Personen- oder Triebfahrzeugen allgemein, insbesondere wegen der zumeist dominierenden Reibeffekte, als problematisch erachtet und die Resultate werden oftmals als entsprechend unglaubwürdig bezeichnet. So ist es das Anliegen der Autoren aber auch der betreuenden Zulassungsbehörde, das numerische Simulationsmodell, welches auf Basis der Mehrkörpersystem-Software MEDYNA [22] erstellt ist, anhand von Messdaten zu verifizieren. Da die bisherigen Versuchsfahrten zwar ohne Messradsätze aber mit detaillierter Erfassung des kinematischen Zustands durchgeführt wurden, können Simulations- und Messergebnisse beispielsweise

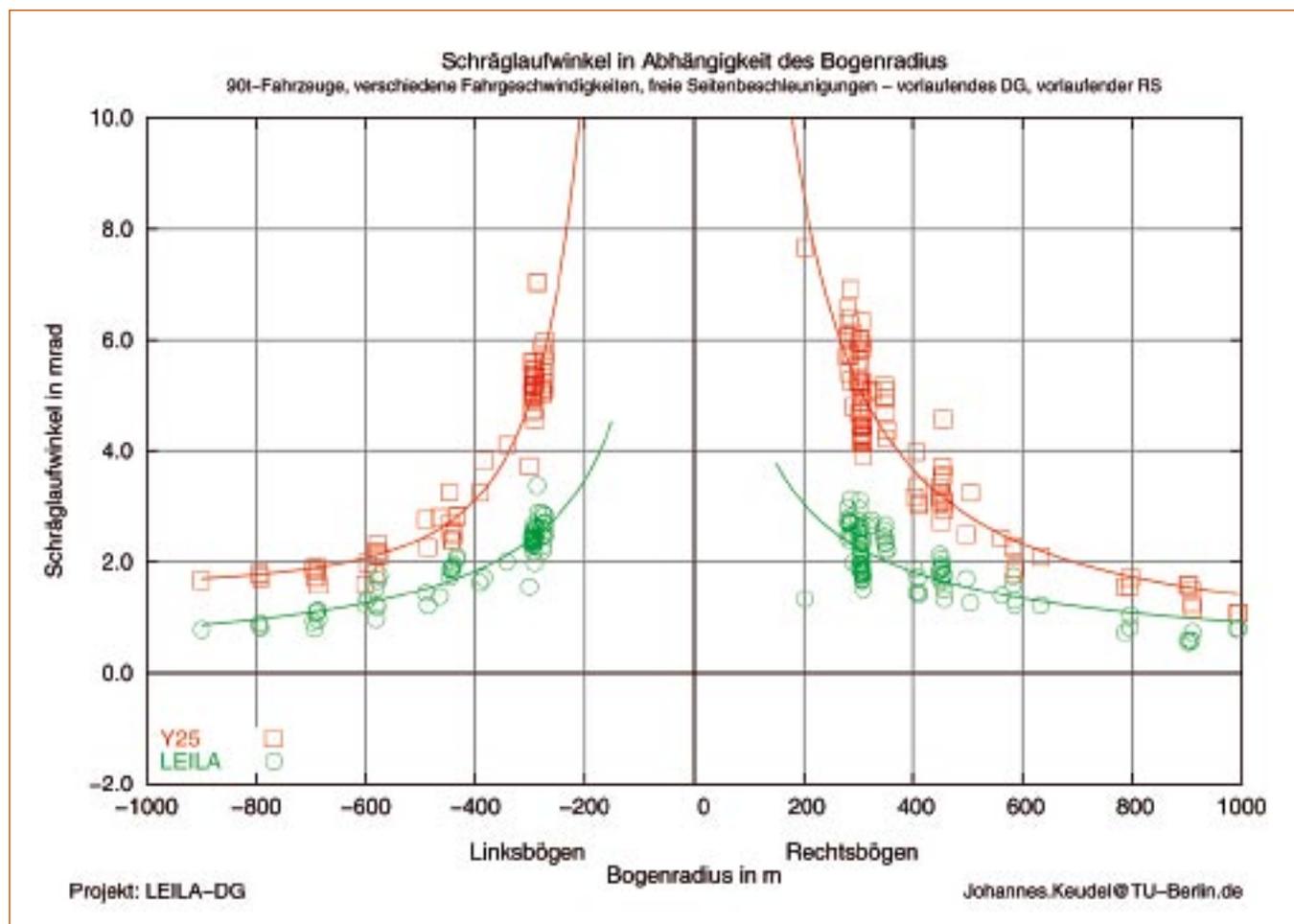


Bild 8: Gemessene Schräglaufwinkel von LEILA-DG und Y25-Drehgestell

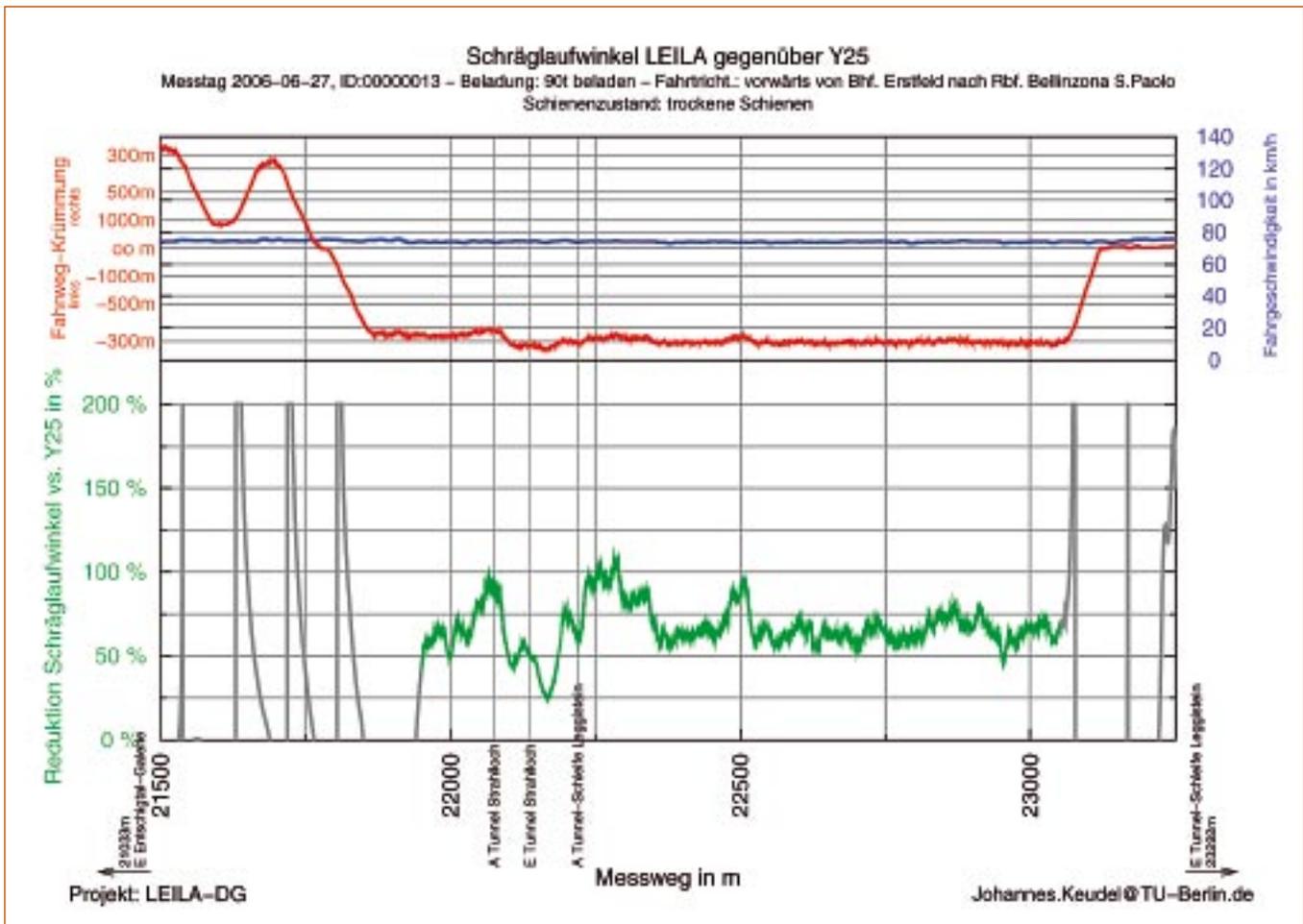


Bild 9: Reduktion des Schräglaufwinkels am Beispiel der Tunnelschleife Leggistein

über die Ausdrehbewegung von Radsatz und Drehgestellrahmen in der Bogenfahrt gut miteinander verglichen werden. Sofern die kinematischen Zustände in Simulation und Messung zueinander korrelieren, können weiterführende Rückschlüsse z. B. hinsichtlich der Rad/Schiene-Kräfte auf Basis des Simulationsmodells erfolgen. Bild 10 zeigt für die Bogeneinfahrt in einen exemplarisch gewählten Bogen der Gotthard-Nordrampe die Gierbewegungen von vorlaufendem Radsatz und Drehgestellrahmen. Der durchgezogene Verlauf gibt dabei Simulationsergebnisse wieder, während die gepunktete Darstellung Messwerte repräsentiert. Dabei sind einige der in Bild 10 angegebenen Randbedingungen wie insbesondere der Bogenradius, die Fahrgeschwindigkeit und die Seitenbeschleunigung durch die fahrzeugseitige Messung im Rahmen der Messgenauigkeit bekannt. Unbekannt hingegen sind

die genaue Schienengeometrie (Querprofil, Spurweite) sowie der Rad/Schiene-Reibbeiwert. Für diese Werte wurden auf der Grundlage eines anderorts gemessenen Schienenprofils geeignete Annahmen getroffen und ein Reibbeiwert von 0,25 angenommen. Wie das Beispiel in Bild 10 zeigt, stimmt das gemessene Ausdrehverhalten bei möglichst ähnlichen Randbedingungen sehr gut mit dem Ergebnis der Simulation überein, was den Rückschluss auf ein realitätsnahes Simulationsmodell zulässt. Auch das Simulationsmodell des Y25-Drehgestells [20] zeigt sich für die spezifische Modellierung des betreffenden Containertragwagens zur gemessenen Kinematik des Y25-Wagens valide, so dass simulatorisch gewonnene Ergebnisse der beiden Laufwerke fundiert miteinander verglichen werden können. Dies lässt künftig unter anderem eine weiterführende Beurteilung der Energieeffizienz

[21] beispielsweise für die Alpenquerung aber auch andere interessierende Relationen zu, was nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Ziele des Kyoto-Protokolls [23] von zunehmendem Interesse ist. Als Anhaltspunkt dazu ist in Bild 11 als Ergebnis der Simulation die Reibarbeit je Meter für das Y25-Drehgestell sowie in Bild 12 für das LEILA-DG dargestellt. Der Vergleich der Werte für das dominierende vorlaufende bogenäußere Rad zeigt, dass der des LEILA-DG nur etwa 70 % des Werts vom Y25-Drehgestell aufweist.

5. Fazit und Ausblick

Gegenüber dem 2002 in Graz präsentierten Projektstand [1] erlaubt das nun zu einem realen Erprobungsträger konkretisierte LEILA-DG eine Beurteilung anhand von Messdaten.

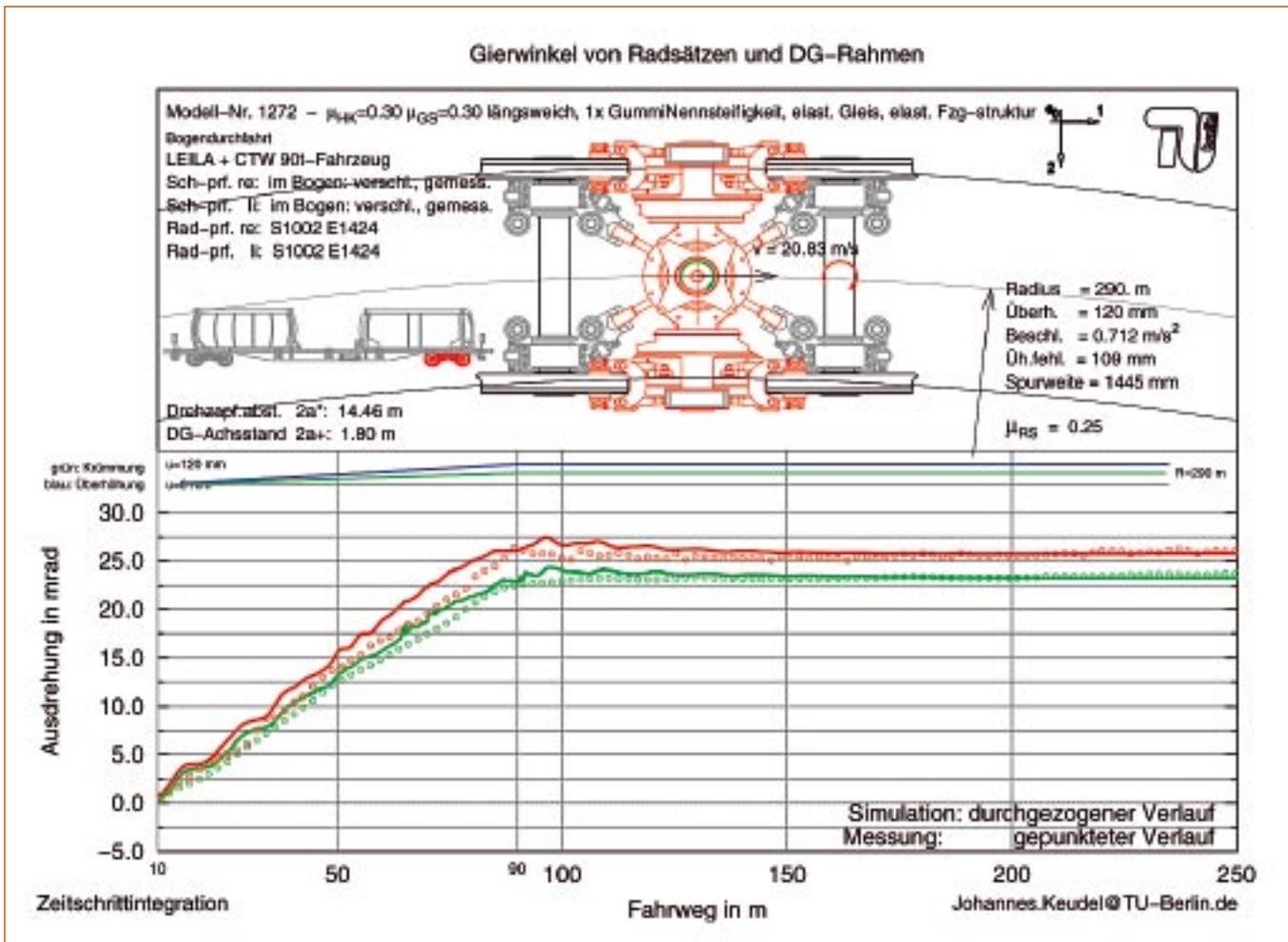


Bild 10: Gierwinkel in Simulation und Messung für LEILA-DG unter 90-t-Fahrzeug im exemplarischen 290-m-Bogen

Die hinsichtlich der Akustik dargelegten Erkenntnisse weisen unter dem Vorbehalt noch zu großer Radrauheiten auf eine Erreichung des Projektziels hin.

Die aus den Messwerten gewonnenen Ergebnisse des Laufverhaltens gehen über eine Erfüllung der sicherheitsrelevanten Kriterien hinaus und zeigen im Vergleich zum ebenfalls gemessenen Y25-Drehgestell beispielsweise im Schräglaufwinkel ein deutlich vorteilhafteres Bogenlaufverhalten.

Die speziell generierten Simulationsmodelle für das LEILA-DG wie auch das Y25-Drehgestell haben sich gegenüber der Messung als realitätsnah erwiesen. Dies schafft die Basis für weiterführende Untersuchungen, beispielsweise hinsichtlich der Energieeffizienz, stärkt aber auch die Bedeutung von im Zulassungsprozess numerisch erbringbaren Nachweisen.

Künftig wird das LEILA-DG auf einer Schweizer Shuttle-Relation der HUPAC SA einen Probetrieb absolvieren, bevor es von der JOSEF MEYER Waggon AG, Rheinfelden (Schweiz) käuflich angeboten werden wird.

- A 319 -
(Indexstichworte: Fahrwerke, Versuchswesen)

(Bildnachweis: 1 bis 12, Verfasser)

Literatur

- [1] Hecht, M.; Schirmer, A.; Cordts, D.: Das Forschungsprojekt 'Leichtes und lärmarmes Güterwagendrehgestell' - Ziele, Entwicklungsstand und Ausblick. ZEVrail Glas. Ann. 126 (Tagungsband SFT Graz 2002) Sonderheft, S. 213-226.
- [2] Gessner, R.: Minderungspotenzial beim Schienenverkehrslärm. Lärmkongress 2000, 25./26.09. 2000, Mannheim. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- [3] Véron, P.: Reduzierung des Schienenverkehrslärms. UIC Panorama Nr. 15. UIC-Kommunikationsdirektion, Paris August 2000. URL: <http://www.uic.asso.fr>.
- [4] Weißbuch der Europäischen Kommission:

Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellungen für die Zukunft. Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg 2001.

- [5] Europäische Kommission: Für ein mobiles Europa - Nachhaltige Mobilität für unseren Kontinent. Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg 2006. URL: <http://europa.eu>.
- [6] Verband Deutscher Verkehrsunternehmen: Nur mit der Schiene ist die Mobilität im Güterverkehr zu sichern. Bus und Bahn (2001) 6, S. 8.
- [7] Seliger, G.; Siegmann, J.; Hecht, M.; Kross, U.; Danzer, P.; Keudel, J.: Wettbewerbsvorsprung dank Leila. Güterbahnen 2 (2003) 2, S. 18-26.
- [8] Keshwari Rasti, M.; Ruppert, H.: Die elektronisch-pneumatische Aluminium-Scheibenbremse des LEILA-Drehgestells. ETR 54 (2005) 1/2, S.19-24.
- [9] Murawa, F.: Innengelagerte Radsätze - eine Alternative für moderne Schienenfahrzeuge? Berechnungsverfahren und Gestaltung der Radsatzwellen. Tagungsband 7. Internationale Schienenfahrzeugtagung, 23.-25. Februar 2005 Dresden, S. 41-45.

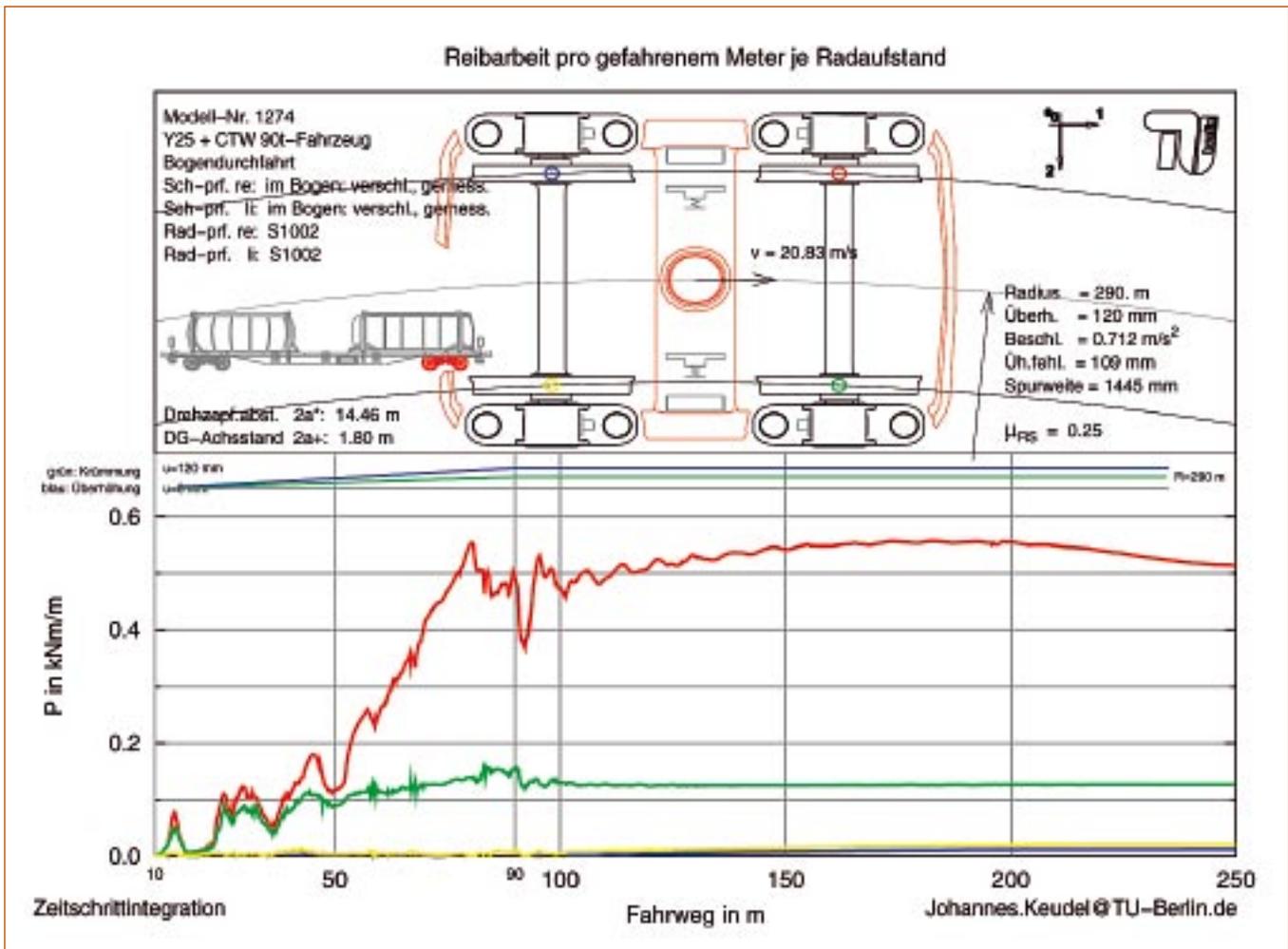


Bild 11: Reibarbeit des Y25-Drehgestells (exemplarischer 290-m-Bogen analog Bild 10)

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden.

[10] Hecht, M.; Wiemers, M.: Rollgeräuschuntersuchung für verschiedene Radbauarten. EI 50 (1999) 7, S. 49–53.

[11] Wiemers, M.: Güterwagen das Lärmen abgewöhnen. Güterbahnen 2 (2006) 4, S. 18–20.

[12] Herbst, A.; Merkl, R.; Thallemer, B.; Mischler, T.: Abschlussbericht Geräuschmessung von in Betrieb befindlichen Eisenbahngüterwagen (für das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)). Bericht 2-068, PROSE AG, Winterthur November 2003.

[13] DIN EN ISO 3095: Bahnanwendungen – Akustik Messungen der Geräuschemission von spurgebundenen Fahrzeugen. Deutsches Institut für Normung, 2005.

[14] Directive 2001/16/EC: Interoperability of the trans-European conventional rail system – Subsystem: Conventional Rail Rolling Stock – Scope: Noise – Aspect: Noise emitted by Freight Wagons, Locomotives, Multiple Units and Coaches. TSI, Version EN07, November 2004.

[15] Hecht, M.; Wiemers, M.: Akustikkonzept LEILA-DG. Bericht 07/2003. Technische Universität Berlin, Fachgebiet Schienenfahrzeuge, Berlin Mai 2003.

[16] DB AG: Effizienter Lärmschutz – Umrüstung von Güterwagen fördern. Stellungnahme der DB AG, Mai 2003.

[17] Thallemer, B.: „JMR LEILA - Kurzbericht Lärm (Vormessung) für JOSEF MEYER Waggon AG. Bericht 2-253, PROSE AG, Winterthur Juli 2006.

[18] Bombardier Transportation: Bogies non-stop. Broschüre, Februar 2004.

[19] N.N.: „Meridian unit starts testing in Belgium“. RAIL, Nr. 473 (2003) Okt.-Nov., S. 11.

[20] Keudel, J.: Messung der Charakteristik der Primärfesselung eines Güterwagendrehgestells der Bauart Y25 und deren Implementierung in ein MKS-Modell für die Simulationssoftware MEDYNA. Diplomarbeit, Technische Universität Berlin, Fachgebiet Schienenfahrzeuge, Berlin 2003.

[21] Hecht, M.; Keudel, J.: Verbesserte Energieeffizienz durch radialeinstellendes Fahrwerk – Beispiel LEILA-Güterwagendrehgestell. EI 57 (2006) 5, S. 42–47.

[22] Wallrapp, O.: Review of Past Developments in Multibody System Dynamics at DLR – From FADYNA to SIMPACK. Vehicle System Dynamics 41 (2004) 5, S. 339–348.

[23] United Nations: Kyoto Protocol to the United Nations Framework – Convention on Climate Change. URL: <http://unfccc.int>, März 1998. (entered into force on 16 February 2005).

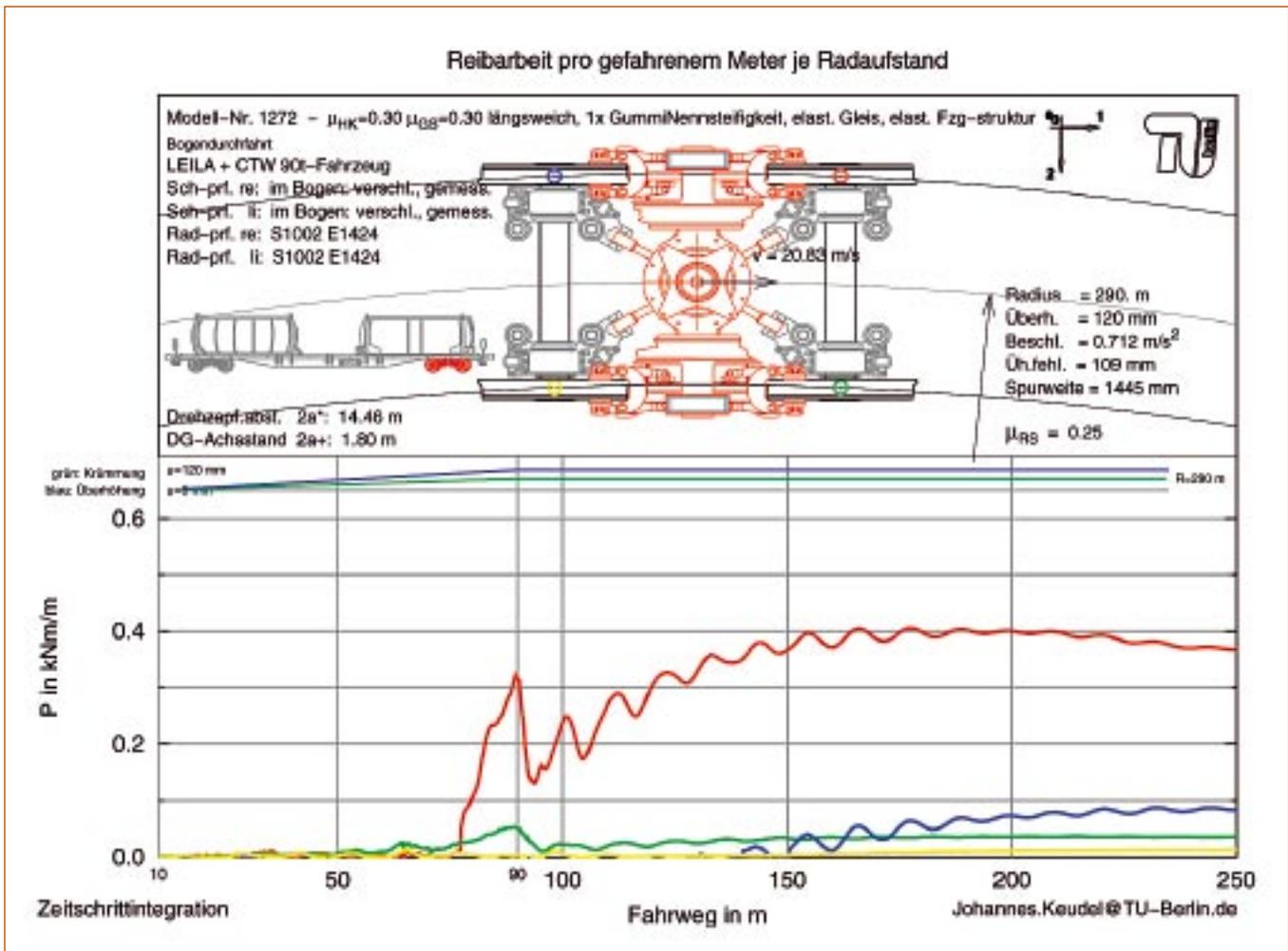


Bild 12: Reibarbeit des LEILA-DG (exemplarischer 290-m-Bogen analog Bild 10)



Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht (49). Studium des Maschinenbaus, Fachrichtung Verkehrstechnik, an der Universität Stuttgart und der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen bis 1982. Anschließend Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Assistent am Lehrstuhl und Institut für Fördertechnik und Schienenfahrzeuge der RWTH Aachen bis 1987; 1988 Pro-

motion an der RWTH Aachen. Von 1988 bis 1997 Tätigkeit bei der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik AG (SLM), Winterthur, zuletzt als Leiter Messtechnik und Stellvertretender Leiter Engineering und Entwicklung. Seit 1997 Professor und Leiter des Fachgebiets Schienenfahrzeuge am Institut für Land- und Seeverkehr der Fakultät V, Verkehrs- und Maschinensysteme, der Technischen Universität Berlin. Seit April 2005 Geschäftsführender Direktor des Instituts für Land- und Seeverkehr. E-Mail: Markus.Hecht@TU-Berlin.de



Dipl.-Ing. Johannes Keudel (31). Studium des Verkehrswesens mit Schwerpunkt Schienenfahrzeuge an der Technischen Universität Berlin bis 2003. Seit Mai 2003 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Schienenfahrzeuge der TU Berlin. Schwerpunkt des Arbeitsgebiets ist die Laufdynamik von Güterwagen. E-Mail: Johannes.Keudel@TU-Berlin.de

Anschrift der Verfasser: Technische Universität Berlin, FG Schienenfahrzeuge, Sekr. SG14, Salzufer 17-19, 10587 Berlin, Deutschland.
www.tu-berlin.de/~schienenfahrzeuge

JOSEF MEYER

Bringt Innovation auf die Schiene

Ihr Ansprechpartner:

Dr. Dominik Suter

Vorsitzender der Geschäftsleitung, CEO

Direkt +41 61 855 50 65

d.suter@josef-meyer.ch

JOSEF MEYER Transport Technology AG
Industrie Ost, Postfach 431, CH-4310 Rheinfelden
Telefon +41 61 855 50 50, Fax +41 61 855 50 60
info@josef-meyer.ch, www.josef-meyer.ch