

Peter Pos / Jasper Peen

Der leise Dolomit-Shuttle

Lärmreduzierende Maßnahmen durch K-Sohlen und Radabsorber

Im Rahmen des niederländischen „Innovatie Programma Geluid“ werden am Dolomit-Shuttle von Railion Nederland lärmreduzierende Maßnahmen geprüft. Für diesen Dauerversuch wurde das Bremssystem der Wagen so umgebaut, dass K-Sohlen eingesetzt werden können und es wurden Radsätze mit Radabsorbern montiert. Die Zielsetzung des Projekts ist, eine Lärmreduktion von 7 bis 10 dB(A) zu erzielen und Informationen über die LCC der lärmreduzierenden Maßnahmen zu erhalten.

Einer der wenigen negativen Nebeneffekte des Schienengütertransports ist der entstehende Lärm. Ein Nebeneffekt, der in den dicht bevölkerten Niederlanden äußerst wichtig ist. Das ist auch ein Grund, warum in 2002 das „Innovatie Programma Geluid“ (Innovationsprogramm Lärm) gestartet wurde. Ein von den niederländischen Ministerien für Umwelt und für Verkehr finanziertes Programm, das sich sowohl auf den Schienen- als auch auf den Straßenverkehr konzentriert. Die wichtigste Zielsetzung des Programms ist der Einsatz neuer innovativer Techniken zur Begrenzung der Lärmentwicklung des Straßen- und des Schienenverkehrs. Dabei liegt die Betonung einerseits auf der Gewinnung praktischer Erfahrungen mit diesen innovativen Techniken und andererseits auf der Demonstration der Funktion der Techniken. Dabei wird das gesamte Schienensystem betrachtet und werden lärmreduzierende Maßnahmen an Fahrzeugen und Infrastruktur untersucht.

Die Autoren

Ir. Peter Pos, Projektleiter, und Ir. Jasper Peen, Consultant Laufwerksysteme bei Lloyd's Register Rail Europe, Utrecht (NL)

Aus dieser Zielsetzung heraus wurde in 2002 das Pilotprojekt Dolomit-Shuttle gestartet. Ein Projekt, bei dem ein bestehender Güterzug von Railion Nederland mit lärmreduzierenden Maßnahmen ausgerüstet wurde, damit untersucht werden kann, ob die erzielte Lärmreduzierung bestehen bleibt und um Informationen darüber zu gewinnen, welche Konsequenzen diese Maßnahme für die Lebenszykluskosten hat. Das Projekt wird von Lloyd's Register Rail Europe (ehemals NedTrain Consulting BV) in enger Zusammenarbeit mit dem niederländischen Verkehrsministerium, dem Infraprovider ProRail und dem Transporteur Railion Nederland durchgeführt. Bei seinem Start in 2002 war dieses Projekt in Europa einzigartig. Es gab noch kaum Pilotprojekte mit nachgerüsteten K-Sohlen, die Kombination von Bremsung mit K-Sohlen und Radabsorbern ist noch immer einzigartig in Europa.

Die Studie macht deutlich, dass in der Praxis die Standzeit von Rad und Bremssohle zunächst schlechter als erwartet ist. Der Grund dafür ist die ungleiche Abnutzung der Sohlen und eine kürzere Laufleistung des Rades. Durch Vermeidung der ungleichen Abnutzung und Abstimmung der Radinstandhaltung auf den Einsatz von K-Sohlen erscheinen beachtliche Verbesserungen möglich.

Innerhalb des gleichen Versuchsprogramms wurden auch fünf Projekte gestartet, in denen LL-Sohlen geprüft werden. Alle diese Projekte werden dazu führen, dass Informationen über die Anwendbarkeit dieser LL-Sohlen gewonnen werden. An Hand dessen kann beurteilt werden, wie die Lärmproblematik bei bestehenden Güterwagen gelöst werden kann.

Zielsetzung des Projekts und der Planung

Das Projekt Dolomit-Shuttle konzentriert sich auf einen von Railion Nederland betriebenen Zug zwischen Hermalle (Belgien) und Veendam (Niederlande), bei dem das Mineral Dolomit transportiert wird. Dieser Zug verkehrt in fester Zusammenstellung von 29 Wagen (Typ Tapps), drei Mal wöchentlich zwischen den beiden Städten. Die Wagen haben eine jährliche Laufleistung von 90000 km, wodurch sie für die Untersuchung von LCC-Daten hervorragend geeignet sind. Die Zielsetzungen des Projekts sind einerseits die Reduzierung der Lärmentwicklung des Shuttles um 7 bis 10 dB(A) und andererseits die Gewinnung von Informationen über die LCC-Konsequenzen der ergriffenen Maßnahmen. Außerdem ist das Projekt von Bedeutung, um Erkenntnisse über lärmreduzierende Maßnahmen an bestehenden Fahrzeugen zu gewinnen und diese zu verbreiten.

Um dies zu realisieren, wurde in 2002 ein Katalog möglicher Maßnahmen erstellt. Diese Maßnahmen sollten auf bestehende, kommerziell betriebene Güterwagen anwendbar sein. In 2003 wurden Prototypversuche mit den verschiedenen Maßnahmen durchgeführt, um sie gegeneinander abwägen zu können. Schließlich wurden Mitte 2003 die definitiven Maßnahmen festgesetzt. Von Ende 2003 bis 2004 wurden dann alle 29 Wagen umgebaut und wieder in den regulären Fahrplan aufgenommen.

Vom Beginn des Umbaus bis zum Ende des Projekts, im Dezember 2007, werden die Wagen im Bereich Technik und Lärm überwacht. Dazu werden mehrere Lärmmessungen durchgeführt und alle drei Monate findet eine Inspektion statt, um den Verschleiß der diversen Komponenten festzustellen. Dies soll Ende 2007 zu einem Abschlussbericht über die ergriffenen Maßnahmen und die Kostenkonsequenzen für den betroffenen Transporteur / Wagenbesitzer führen.



Abb. 1: Dolomit-Shuttle (Bauart TAPSS)

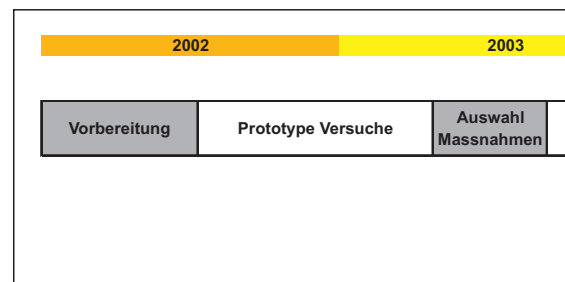


Abb. 3: Planung der Projekte

Technische Hintergründe und Maßnahmen

Im ersten Projektabschnitt wurde sehr viel Energie darauf verwendet, festzulegen, welche lärmreduzierenden Maßnahmen eingesetzt werden müssten, um die gewünschte Senkung um 10 dB(A) zu erreichen. Dabei wurden verschiedene Alternativen erwogen.

Zunächst wurde beschlossen, die Wagen mit K-Sohlen auszurüsten. Im internationalen Rahmen war die Entwicklung von K-Sohlen bereits weit fortgeschritten. Inzwischen lag eine vorläufige UIC-Freigabe vor, durch die diese Sohlen relativ einfach innerhalb der gültigen Gesetzgebung angewandt werden konnten. Außerdem bestand die Aussicht, dass K-Sohlen, abgesehen von den Umbaukosten für das Bremssystem bei bereits vorhandenen Wagen, kostenneutral eingesetzt werden konnten. Auch die potenzielle Lärmreduzierung war vielversprechend.

Dennoch wurde aufgrund internationaler Erfahrungen nicht erwartet, dass die gewünschten 10 dB(A) allein mit K-Sohlen zu realisieren seien. Gemessene Lärmreduktionen unter durchschnittlichen Umständen ergaben, dass eine Reduktion von rund 7 dB(A) zu realisieren wäre. Deshalb wurde beschlossen, zu untersuchen, ob auch Radabsorber oder lärmoptimierte Räder eingesetzt werden könnten.

Diverse europäische Radhersteller wurden aufgefordert, Prototypen von Radsätzen mit Radabsorbern zu liefern. Das Ergebnis war, dass die Lieferanten BVV, Lucchini, Valdunes und Rafil je einen Radsatz mit Radabsorbern anboten. Radsatzhersteller GHH lieferte ein lärmoptimiertes Rad. Es wurde ein Versuchsprogramm gestartet, mit dem der potenzielle lärmreduzierende Einfluss dieser Radsätze bestimmt wurde.

Während der Versuche wurde festgestellt, dass die Radabsorber eine Lärmreduktion von 0 bis 2 dB(A) ergaben. Diese Messungen wurden an Rädern mit relativ glatter Oberfläche durchgeführt. Bei den lärmoptimierten Rädern wurde keine wahrnehmbare Lärmreduktion gemessen. Auf der Basis der lärmreduzierenden Wirkung, der erwarteten Lebenszykluskosten und der Zulassung wurde für den Einsatz im Dolomit-Shuttle schließlich der VMS-Radsatz

von Valdunes, ausgerüstet mit Schrey & Veit Radabsorber [5], gewählt.

Für die Auswahl der K-Sohlen wurden Abhängeversuche mit Wagen mit einem Bremssystem, das für die Verwendung von K-Sohlen umgebaut wurde, durchgeführt. Die Abhängeversuche sind erforderlich, um die Bremsleistungen der diversen K-Sohlen festzustellen. Sowohl mit Cosid 810 als auch mit Jurid 816 erfüllten die Prototypwagen die bremstechnischen Anforderungen. Weil inzwischen für Cosid 810 eine definitive UIC-Zulassung vorhanden war, wurde diese Sohle für die Verwendung in den 29 Wagen des Dolomit-Shuttle ausgewählt.



Abb. 2: Räder mit Absorbern

Status quo

Lärm

Zur Bestimmung der lärmreduzierenden Wirkung der eingesetzten Verbundstoffsohlen und Radabsorber wurden Messungen durchgeführt. Dies erfolgte vor dem Umbau des Zuges und nachdem dieser komplett mit lärmreduzierenden Komponenten ausgestattet war. Bevor dies erfolgte, waren die Räder mindestens 30000 km gelaufen. Die Messungen wurden sowohl bei leerem als auch bei beladenem Zug durchgeführt.

Während der Messungen wurde der Lärmpegel bestimmt. Gemessen wurden die Schwingungen in der Schiene sowie die Rauheit der Schiene und Räder. Dies ermöglichte die Umrechnung der gemessenen Lärmpegel auf den Lärmpegel für Verkehr auf einer Schiene mit der mittleren niederländischen Rauheit. Vor Umbau der Wagen wurde eine mittlere Lärmemission (LAeq) von 93 dB(A) in einer Entfernung von 7,5 m bei einer Geschwindigkeit

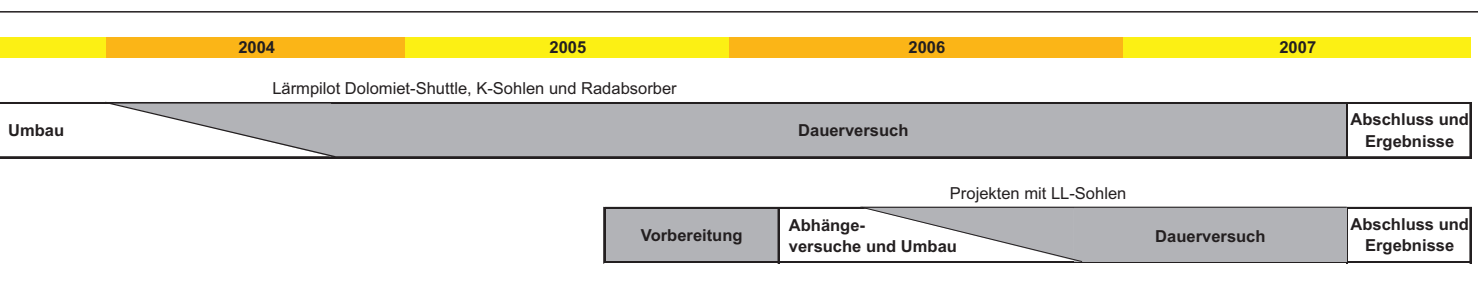
von 100 km/h [2] gemessen. Nachdem die Wagen umgebaut und eingefahren waren, wurde eine mittlere Lärmemission von 84 dB(A) gemessen [3]. Durch den Einsatz von Verbundstoffsohlen und Radabsorbern wurde eine Lärmreduzierung von 9 dB(A) erreicht.

Die Lärmreduktion von 9 dB(A) wurde hauptsächlich durch die Verbundstoffsohlen erzielt. Festzustellen war, dass die Rauheit des Rades beachtlich gesunken war. Um die lärmreduzierende Wirkung der K-Sohlen über einen längeren Zeitraum festzustellen, wurden verschiedene Radrauhheitsmessungen wiederholt. Auch nach 250 000 km nach dem Nachprofilieren scheint sich die Radrauhheit nicht nennenswert erhöht zu haben.

Zur Bestimmung des Beitrags der Radabsorber zur gesamten Lärmreduktion wurden diverse Tests an einem Wagen mit Radabsorbern und einem Wagen, bei dem die Radabsorber entfernt worden waren, durchgeführt. Es stellte sich heraus, dass der Wagen ohne Radabsorber 2,5 dB(A) mehr Lärm erzeugte als der mit Radabsorbern ausgerüstete Wagen [4]. Mittels einer sogenannten VTN-Analyse (Vibro-Acoustic Track Noise) [4], wurden die individuellen Beiträge von Rad und Schiene zum gesamten Lärmspektrum bestimmt. Abb. 4 zeigt das resultierende Spektrum des Wagens ohne Radabsorber. Abb. 5 zeigt das Ergebnis des Wagens mit Radabsorbern. In Abb. 6 zeigt der Vergleich der beiden Kurven, dass im Bereich, in dem das Rad als Lärmquelle im Verhältnis zur Schiene dominiert (2kHz-10kHz), die Radabsorber signifikante Lärmreduktion geben.

LCC Bremssohlen

Eines der Hauptziele des Projekts ist die Bestimmung des Einflusses diverser lärmreduzierender Maßnahmen auf die LCC der Wagen. Dafür wird alle drei Monate die Dicke der Bremssohlen und der Radprofile des Dolomit-Shuttle gemessen. Der gemessene Verschleiß kann dann auf die Lebenserwartung von Rädern und Sohlen umgesetzt werden. Durch Vergleich der bestimmten Lebensdauer von Sohlen und Rädern für GG- und K- gebremste Wagen können die Unterschiede in LCC bestimmt werden.



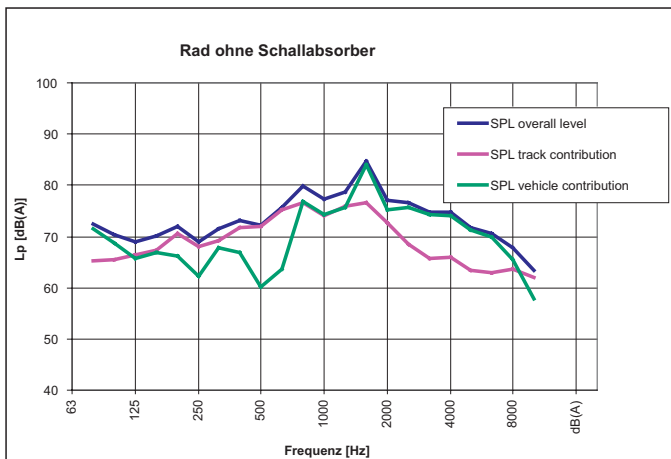


Abb. 4: VTN-Analyse ohne Radabsorber

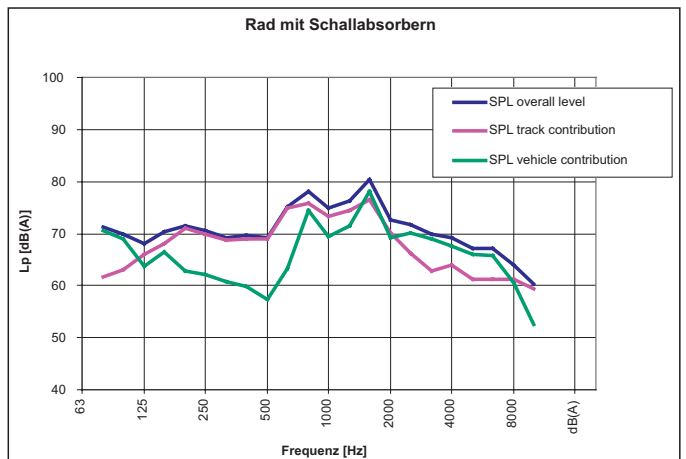


Abb. 5: VTN-Analyse mit Radabsorbieren

Es wurde festgestellt, dass der verwendete Typ Sohlen (Cosid 810) in dieser Anwendung einen Verschleiß von 17 mm pro 100 000 km hat. Diese gemessene Verschleißrate korrespondiert mit der von UIC [1] bestimmten. Im Verhältnis zum Verschleiß bei GG-Sohlen, der 52 mm pro 100 000 km beträgt, ist der Verschleiß der K-Sohlen 3 Mal geringer. Leider führt das nicht zu einer 3 Mal längeren Lebensdauer der Verbundstoffsohle für diese Anwendung.

In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Sohle nach der Hälfte ihrer theoretischen Nutzungsdauer abgestoßen wird. Abb. 7 zeigt den Verschleiß der Sohle sowohl in der Praxis als auch in der Theorie. Es ist theoretisch möglich, dass sich die Sohle auf eine durchschnittliche Stärke von 20 mm abnutzt. Aufgrund des asymmetrischen Verschleißes, der in dieser Verwendung auftritt (Abb. 8), wird die Sohle jedoch bereits ausgewechselt, wenn sie die Hälfte ihrer theoretischen Lebensdauer erreicht. Statt einer theoretisch erreichbaren Lebensdauer von 230 000 km erreichen die Sohlen nur eine Lebensdauer von rund 130 000 km.

LCC Räder

Der Einsatz der Verbundstoffsohlen führt zu erhöhtem Verschleiß an der Radlauffläche. Diese Wagen Bauart wies eine Diameterreduktion aufgrund von Verschleiß von 1 mm pro 100 000 km mit GG-Sohlen auf. Beim Einsatz von K-Sohlen war der Verschleiß über 3 Mal so hoch geworden, und zwar 3,2 mm pro 100 000 km.

Der Verschleiß des Radprofils für diese Anwendung ist in Abb. 9 dargestellt. Wie zu erkennen ist, tritt eine Erhöhung der Spurkranzdicke auf. Um zu gewährleisten, dass die Räder nicht vorzeitig abgestoßen werden, wurde ein Radprofil mit reduzierter Spurkranzdicke eingesetzt.

Nicht nur der Verschleiß der Lauffläche ist für die Lebensdauer des Rades von Bedeutung, sondern auch die Diameterabnahme, die während der Reprofilierung realisiert werden muss. Bei Einsatz von GG-Sohlen betrug die durchschnittliche Laufleistung bis zur Reprofilierung für diese Wagen 350 000 Kilometer, wobei 13 Millimeter des Diameters entfernt wurden.

Für die Räder, die mit K-Sohlen gebremst werden, verringert sich die Laufleistung

zwischen den Reprofilierungen. Zum Ende von 2006 sind die meisten Radsätze 220 000 bis 270 000 km im Einsatz, und viele Radsätze sind bereits reprofiliert. In allen Fällen war der Radkranz aufgrund der Überwalzung zu breit geworden (Abb. 10). Statistische Analysen haben ergeben, dass die mittlere Laufleistung zwischen Reprofilierungen inzwischen 230 000 km beträgt. Wo die Verteilung im Reprofilierungsintervall für die Räder mit GG-Sohlen sehr groß war, ist hingegen die Wahrscheinlichkeitsverteilung für die mit K-Sohlen gebremsten Radsätze (Abb. 11) viel enger. Beim Reprofilieren wurden durchschnittlich 9 mm des Diameters entfernt, um das Radprofil wieder in Form zu bringen. Wenn die Diameterreduktion durch Verschleiß und die Reduktion durch Reprofilierung addiert werden, kann geschlossen werden, dass sich die durchschnittliche Raddurchmesserreduktion von 3,7 mm/100 000 km (für die GG-Sohlen) auf 7,1 mm/100 000 km (für die K-Sohlen) erhöht hat.

Tabelle 1 zeigt die Gründe für die Reprofilierung der Radsätze des Dolomit-Shuttle, in der Vergangenheit (gebremst mit GG-Sohlen) und in der Gegenwart (gebremst mit

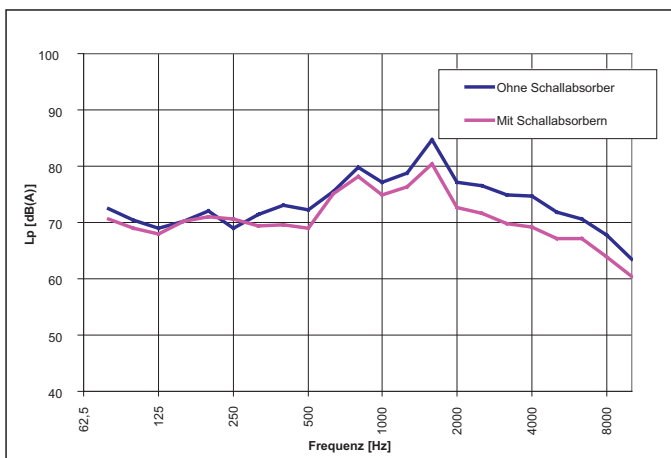


Abb. 6: Vergleich Lärmspektrum Räder mit und ohne Schallabsorber [4]

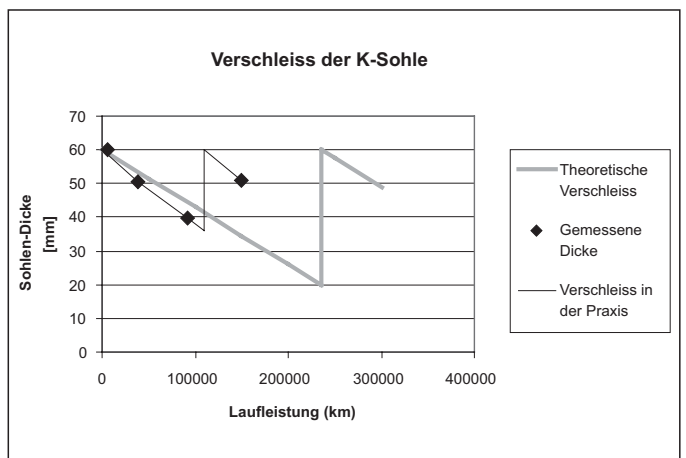


Abb. 7: Verschleiß Sohlen



Abb. 8: Asymmetrischer Verschleiß der Sohlen

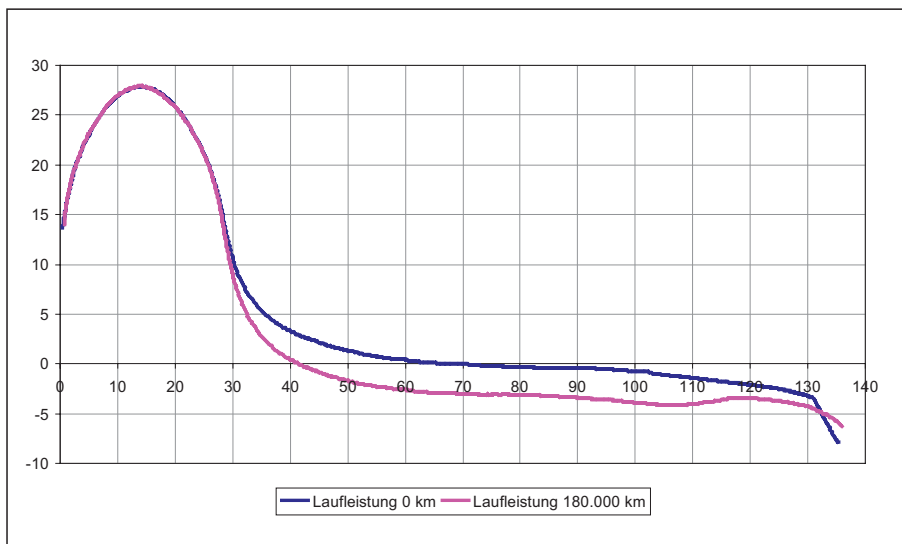


Abb. 9: Verschleißmuster Radlaufläche nach 180 000 km

K-Sohlen). Sie zeigt, dass sich der Grund für die Reprofilierung der Räder komplett geändert hat. Aufgrund der häufigeren Reprofilierung der Räder bedingt durch Überwalzungen ist die Reprofilierung auf Grund abgenutzter Profile (schmalere oder scharfgelaufene Spurkränze, usw.) nicht mehr erforderlich. Das Problem der Laufflächenermüdung scheint durch den höheren Verschleiß der Radlaufläche eliminiert.

Es ist zu erwähnen, dass für die GG-gebremsten Wagen 28 Prozent der Reprofilierungsfälle durch Flachstellen verursacht waren, während bis jetzt die K-gebremsten Wagen überhaupt keine Flachstellen hatten. Dies ist eine sehr nützliche Entwicklung, da das Erfordernis für die Reprofilierung voraussagbarer wird, was die Planung der Instandhaltung der Wagen sehr vereinfacht wird. Von größerer Bedeutung ist jedoch, dass Flachstellen, wenn sie auftreten, die potenzielle Lärmreduktion von K-Sohlen zunichte machen könnten. Offensichtlich gibt es keinen Anlass, dieses Phänomen zu befürchten.

Die Verkürzung der Laufleistung zwischen den Reprofilierungen wird sich nicht unbedingt negativ auf die LCC auswirken. Es scheint, dass die Instandhaltung von Rädern voraussagbarer geworden ist, was auch zu Kostensenkungen führen kann. Eine weitere interessante Entwicklung ist, dass die Le-

bensdauer des Radprofils sich an die theoretische Lebensdauer der Sohlen angleicht. Wenn es möglich ist, das Problem des asymmetrischen Verschleißes der Sohlen zu lösen, könnten Reprofilierung und Klotzwechsel während desselben Instandhaltungszyklus bei ca. 230 000 Kilometern erfolgen.

Die gemessene Abnahme im Raddurchmesser in diesem Projekt ist hoch. Sie wird hauptsächlich durch die kürzere Zeit zwischen Reprofilierung in Verbindung mit dem höheren Verschleiß der Radlaufläche und dem relativ tiefen Einschnitt bei der Reprofilierung verursacht. Da die Reprofilierung ausnahmslos durch das Überwalzen der Radlaufläche verursacht wird, sollte solch eine Durchmesserreduktion nicht erforderlich sein. Durch Verbesserung der Reprofilierungsarbeiten (ökonomische Reprofilierung) muss es möglich sein, die LCC der Räder zu verbessern. Diese Reprofilierungsmethode wird in diesem Projekt erprobt. Es sollte beachtet werden, dass der Einsatz von K-Sohlen anstelle von GG-dazu führen könnte, dass eine andere Instandhaltungsstrategie für Güterwagen erforderlich wird.

Ausblick

Ende 2007 wird sich zeigen, welche Folgen der Umbau bestehender Fahrzeuge auf K-

Sohlen und Radabsorber für die Schienentransporteure haben wird. Auf Grund der Folgerungen wird die Politik für die Zukunft bestimmt werden.

Für die Politik ist es wichtig, dass die Entwicklungen auf dem Gebiet der Lärmreduktion weiterhin vorweggenommen werden. Die Einführung von LL-Sohlen ist dabei äußerst wichtig. Drei Bremsklotztypen haben von der UIC eine vorläufige Zulassung erhalten, damit Praxiserfahrungen gesammelt werden können. Daraufhin wurde beschlossen, im Rahmen des „Innovative Programme Geluid“ auch Projekte mit diesen drei verschiedenen LL-Sohlen zu starten. Im Auftrag von Verkehrsministerium, Infraprovider ProRail und Railion Nederland arbeitet Lloyd's Register Rail Europe an der Durchführung von fünf Projekten mit LL-Sohlen, an denen ca. 125 Güterwagen beteiligt sind. Es arbeiten diverse niederländische Gütertransporteure und internationale Wagenbesitzer mit, in enger Zusammenarbeit mit dem Ministerium, ProRail und den Transporteuren. Wie beim Dolomit-Shuttle ist es wichtig, dass die Wagen täglich eingesetzt werden, so dass die Lärm- und Kostenkonsequenzen richtig erfasst werden können. Auch die Projekte mit den LL-Sohlen werden, genau wie das Dolomit-Shuttle, im Dezember 2007 abgeschlossen sein (Abb. 3), worauf ein Ver-

Gründe für Reprofilierung	GG-Sohlen	K-Sohlen ¹
Flachstellen am Rad	28 %	0 %
Rissbildungen aufgrund von Laufflächenermüdung	16 %	0 %
Verschleiß des Profils	32 %	0 %
Überwalzung	23 %	100 %

Tabelle 1: Gründe für die Reprofilierung der Radsätze des Dolomit-Shuttle



Abb. 10: Überwalzung

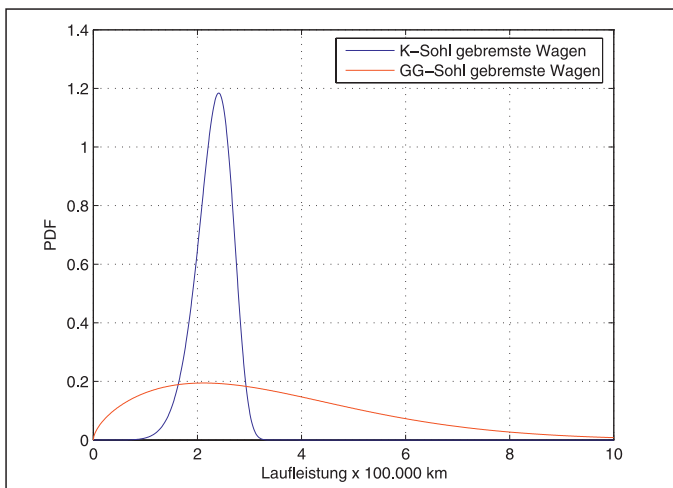


Abb. 11:
Wahrscheinlichkeitsverteilung von der Laufleistung der Räder zwischen Reprofilierung

Summary / Résumé

The quiet Dolomite Shuttle – noise reduction using composite brake blocks and wheel absorbers

As part of the Dutch "Innovatie Programma Geluid" project, noise-reduction measures are being evaluated on Railion Netherlands' Dolomite Shuttle. For purposes of this long-term test, the wagons' braking system was converted so as to enable fitment of composite brake blocks, and the wagons were fitted with wheelsets with wheel absorbers. The project aims at achieving a noise reduction of between 7 and 10 dB(A) and at obtaining information on the LCC of the noise-reduction measures.

Navette à faible bruit pour le transport de dolomite – Réduction du bruit par des semelles K et des absorbeurs de roues

Dans le cadre du programme d'innovation néerlandais concernant le bruit, des mesures de réduction de bruit sont testées sur la navette de transport de dolomite de Railion Nederland. Pour cet essai d'endurance, les systèmes de freinage des wagons ont été modifiés pour permettre l'utilisation de semelles K et des essieux munis d'absorbeurs de roues ont été montés sous les wagons. L'objectif consiste à obtenir une réduction de bruit de 7 à 10 dB(A) et de recueillir des informations sur la durée de vie (LCC) des mesures de réduction de bruit.

gleich zwischen den diversen Projekten an- gestellt werden kann.

Für weitere Informationen siehe die Website www.fluistertrein.nl oder www.whisperingtrain.eu

Literatur

- [1] ERRI B126/DT 400, "Fragen des Bremswesens – Studie zur Wirtschaftlichkeit bei Verwendung von Verbundstoffsohlen des Typs K in Güterwagen", Dezember 2004
- [2] van der Stap, P.: AEA Technology, "Geluidpilot

Dolomit-Shuttle, Fase 1: Referentiemetingen geluid" (Pilotprojekt Lärm Dolomit-Shuttle, Abschnitt 1: Referenzmessungen Lärm)

[3] van der Stap, P.: AEA Technology, "Geluidpilot Dolomit-Shuttle, Fase 3: Nametingen geluid" (Pilotprojekt Lärm Dolomit-Shuttle, Abschnitt 3: Nachmessungen Lärm)

[4] van der Stap, P.: AEA Technology, "Geluidpilot Dolomit-Shuttle, Fase 4: Aanvullende prototypemetingen geluid" (Pilotprojekt Lärm Dolomit-Shuttle, Abschnitt 4: Ergänzende Prototypmessungen Lärm)

[5] Veit, G.; Venghaus, H.: Radschallabsorber für Güterwagen – Innovative Lärmreduktion der Zukunft, Der Eisenbahningenieur, 3/07

Das Standard-Adressbuch der Bahnbranche



Das Bahn-Adressbuch '07

Deutschland – Österreich – Schweiz – Luxemburg

Im „DBA“ 2007 finden Sie über 3.000 gründlich recherchierte und jährlich aktualisierte Adressen (inkl. Ansprechpartner und ihrer Kommunikationsdaten) aus Deutschland, Österreich, der Schweiz und Luxemburg. Durch umfangreiche Recherchen ist es gelungen, die Adressen noch stärker zu personalisieren, so dass Sie schnell Ihren persönlichen Kontakt bei den Bahnen, den Bahnbehörden, der Politik, der Industrie und Wirtschaft, den Verbänden sowie in der Wissenschaft und Forschung finden. Hilfreich ist Ihnen dabei auch der umfangreiche Personen-Index.

ISBN 987-3-7771-0346-4, 430 Seiten, Format 148 x 215 mm, Broschur, Preis: € 48,- (inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten)