



Dipl.-Ing. Ralf Lüdeking, Düsseldorf; Dipl.-Ing. Udo Lenz, Essen

## Instandsetzung mindert Emissionen

Messtechnische Untersuchungen zeigen:  
Eine gepflegte Gleiskreuzung ist leiser

Im Gleisnetz der Rheinbahn AG, Düsseldorf, werden an vielen Stellen Weichen und Gleiskreuzungen betrieben. Diese werden regelmäßig nach Plan gewartet und bei Bedarf instand gesetzt. Vereinzelt wird diese Instandsetzung bei Anlagen, deren Erneuerung sowieso ansteht, aus Kostengründen auf ein Minimum reduziert. Eine derartige Anlage befindet sich im Bereich Bilker Kirche in Düsseldorf. Diese Anlage steht im Zusammenhang mit der Planung eines zusätzlichen Gleisabzweiges zur Erneuerung an. In Abbildung 1 ist die örtliche Situation im Lageplan wiedergegeben. Der geplante Gleisabzweig führt von der Gladbacher Straße in die Neusser Straße. In Abbildung 2 ist der Bereich fotografisch dargestellt, in dem die Messungen erfolgten.

Da sich die Umsetzung der Gleiserneuerung verzögerte, wurde es jetzt erforderlich, doch noch eine Sanierung der Anlage vorzunehmen. In diesem Zusammenhang bestand die Möglichkeit zur Durchführung von Schall- und Schwingungsmessungen vor und nach der Instandsetzung.

### Baulicher Zustand der Anlage

Bei der baulichen Anlage handelt es sich um eine Vierfachkreuzung, das heißt eine hö-

hengleiche Kreuzung der Gleise zweier zweigleisiger Hauptstrecken. Aufgrund der vorliegenden Herzstückwinkel von 64 Grad mussten die Herzstückrillen als Flachrillen mit einer Tiefe von 14 mm ausgeführt werden.

### Instandsetzungsarbeiten

Der normale Verschleiß einer Flachrillenanlage äußert sich darin, dass der Rillenboden durch die Spurkranzkuppen des Straßenbahnfahrzeugs tiefer ausgefahren wird. Ab einer Rillentiefe von etwa 19 mm führt die Ausfahmung dazu, dass Bahnen mit geringer Spurkranzhöhe nicht mehr auf dem Spurkranz, sondern auf der normalen Lauffläche über die Kreuzung fahren. Abbildung 3 zeigt eine derartige Anlage.

Dabei entstehen erhebliche Luft- und Körperschallemissionen, wenn Räder die Rillen der querenden Schienen im Bereich der Herzstücklücken überfahren.

### Messung

Für die Messung der Schallemissionen wurde ein Mikrofon in der Nähe der nächstgelegenen Herzstücklücke der Gleiskreuzung am

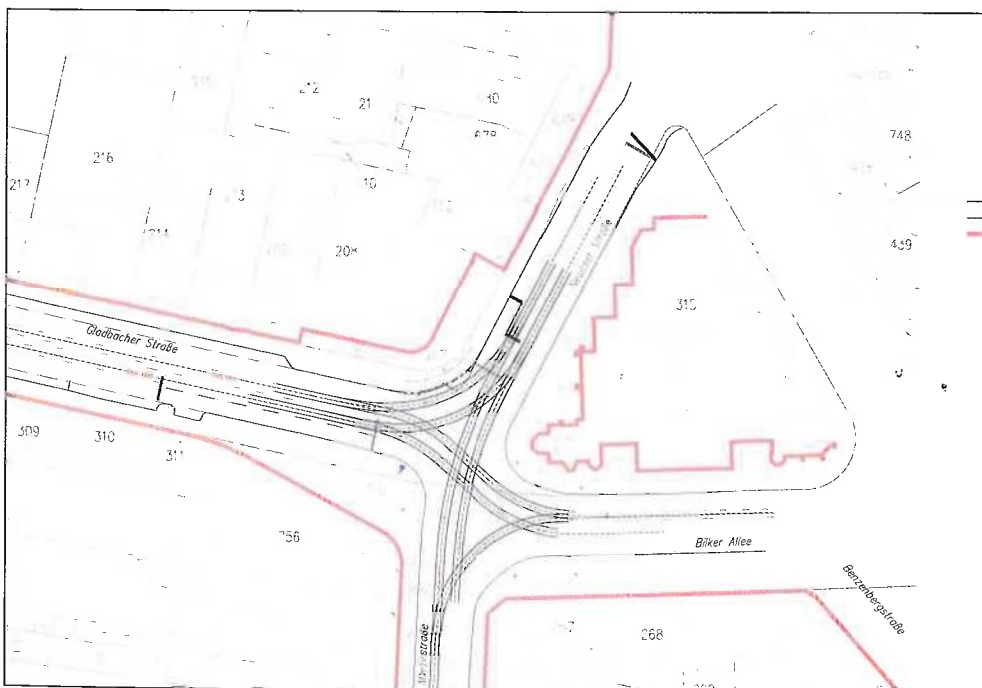


Abb. 1: Lageplan der Gleiskreuzung.



Lüdeking



Lenz

### DIE AUTOREN

Dipl.-Ing. Ralf Lüdeking (48) leitet seit 2009 den Bereich Infrastruktur der Rheinbahn AG. In dieser Funktion verantwortet er die Instandhaltung und Investitionen für sämtliche Betriebsanlagen und Gebäude des Düsseldorfer ÖPNV-Unternehmens. Nach seinem Bauingenieurstudium war Lüdeking zuerst als Bauleiter im elterlichen Betrieb tätig, wechselte 1996 zur Trans-tec-Bau in Hannover und 2000 zur Rheinbahn. Dort war er zunächst für den Gleisbau und die mittelfristige Investitionsplanung für einen maßgeblichen Teil des Stadtbahn- und Straßenbahnnetzes zuständig. 2004 übernahm er die Leitung der Abteilung Fahrwege im Bereich Infrastruktur und wurde zum stellvertretenden Betriebsleiter bestellt.

Dipl.-Ing. Udo Lenz (54) ist seit Juli 1994 geschäftsführender Gesellschafter des Ingenieurbüros Uderstädt + Partner (I.B.U.). Mit Beginn seiner Tätigkeit bei I.B.U. im Jahre 1985 begann für Lenz die Beschäftigung mit den Schwingungs- und Schallimmissionen von Schienenverkehrswegen. Grundlage hierfür war das Studium des Bauingenieurwesens in Hannover sowie die Tätigkeit am Curt-Risch-Institut für Dynamik, Schall und Messtechnik. Seit November 2000 ist Lenz vom Eisenbahn-Bundesamt als Sachverständiger für die Tätigkeitsbereiche Schallschutz und Erschütterung anerkannt.

Bordstein in 1,2 m Höhe angeordnet. Der horizontale Abstand betrug rund 5 m. An gleicher Stelle wurde ein Geofon zur Erfassung der Schwingungsemissionen aufgestellt. Zwei weitere Geofone befanden sich links und rechts davon auf weiteren Bordsteinen. Die Datenerfassung erfolgte mit einem Universalmessgerät bei Straßenbahnvorbeifahrt in allen Messpunkten gleichzeitig. Während der Messung wurden vor Ort die Fahrtrichtung und der Fahrzeugtyp protokolliert. Auf dem Lageplanauszug (Abb. 4) sind die Messpunkte eingetragen. Das Mikrofon be-



fand sich im Messpunkt MP02. Die Messungen erfolgten jeweils zur Tagzeit unter Linienebetrieb. Vor Ort wurden die in den Geofonen angeregten Schwingungssignale sowie der vom Mikrofon erfasste Schalldruckpegel während der einzelnen Vorbeifahrten erfasst. Die Messdaten wurden im Labor mit den üblichen Methoden ausgewertet.

## Messergebnisse Luftschall

Aus den aufgezeichneten zeitlichen Schallpegelverläufen wurden die für eine Immissionsbewertung maßgebenden A-bewerteten Summenschallpegel in Form des Maximalpegels und eines auf eine Sekunde bezogenen Mittelungspegels (Schallexpositionspegel) ermittelt. Der mittlere Maximalpegel aller Vorbeifahrten des mehrteiligen Niederflurfahrzeuges auf dem nächstgelegenen Gleis betrug vor der Instandsetzung  $L_{AFmax} = 87,9$  dB(A). Nach der Instandsetzung ergab sich ein Pegelwert von 84,1 dB(A), sodass eine Pegelminderung von 3,8 dB(A) eingetreten ist. Beim gemittelten Schallexpositionspegel ergab sich für diese Erregersituation eine Minderung von 2 dB(A).

Der Schallexpositionspegel könnte zur Berechnung der Beurteilungspegel nach 16. BImSchV herangezogen werden. In der Tabelle 1 sind die Differenzpegel vorher/nachher der verschiedenen Erregersituationen (Fahrzeug/Fahrtrichtung) zusammengefasst. Es zeigt sich, dass die Schallpegel der Fahrten Ri I/Ri II deutlich gemindert wurden, während die Schallpegel der Fahrten in Richtung Ri III/Ri IV praktisch gleich laut blieben. In Abbildung 5 sind die für unterschiedliche Erregersituationen ermittelten Differenzpegel ( $\Delta L_p = L_{p,V} - L_{p,N}$ ) der Max-Hold-Spektren wiedergegeben. In die Spektren ist jeweils der energetische Mittelwert mehrerer Vorbei-



Abb. 2: Örtliche Situation.

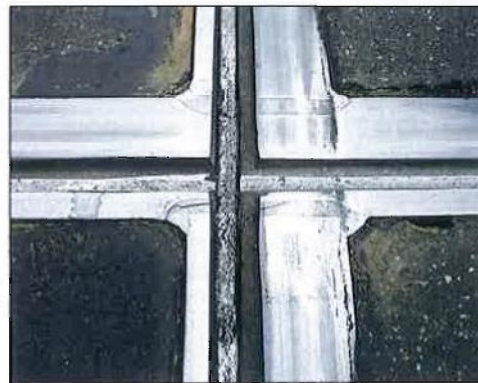


Abb. 3: Herzstück einer Kreuzung.

fahrten eingegangen. Positive Pegeldifferenzen verweisen auf eine Pegelabnahme durch die Instandsetzung hin. Es zeigt sich, dass eine breitbandige Verbesserung eingetreten ist. In nicht weiter dargestellten Spektren der Fahrten in Richtung III/IV schwanken die Pegel stark um die Nulllinie.

Insgesamt gesehen ist festzustellen, dass zumindest für das Gleis der Fahrten in Richtung I/II eine hörbare Schallpegelminderung nach der Instandsetzung eingetreten ist.

## Messergebnisse Schwingungen

Die Erfassung der Schwingungssignale erfolgte in drei Geofonmesspunkten. Die im Labor für die einzelnen Fahrten ermittelten Schwingschnellepegel (Max-Hold-Spektren)

Schallexpositionspegel Tabelle 1

| Erreger  | Anzahl der Aufzeichnungen v/n | $\Delta SEL = SEL_V - SEL_N$ |
|--|-------------------------------|------------------------------|
|  |                               | in dB(A)                     |
| mehrteiliges Niederflurfahrzeug Fahrtrichtung I  | 13/13                         | 2                            |
| mehrteiliges Niederflurfahrzeug Fahrtrichtung II | 10/12                         | 11                           |
| Niederflurfahrzeug Fahrtrichtung III             | 8/10                          | -0,5                         |
| Niederflurfahrzeug Fahrtrichtung IV              | 9/11                          | 0,6                          |
| Gelenktriebwagen mit Hänger Fahrtrichtung I      | 5/7                           | 8,3                          |
| Gelenktriebwagen mit Hänger Fahrtrichtung II     | 3/5                           | 6,5                          |

V: Vormessung, N: Nachmessung

Mittlere Schwingungsgeschwindigkeiten Tabelle 2

| Erreger  | Schwingungsgeschwindigkeit in mm/s im Messpunkt MP02 |         |
|--|--|---------|
|  | vorher   | nachher |
| mehrteiliges Niederflurfahrzeug Fahrtrichtung I  | 2,720  | 1,379   |
| mehrteiliges Niederflurfahrzeug Fahrtrichtung II | 0,998  | 0,572   |
| Niederflurfahrzeug Fahrtrichtung III             | 1,698  | 1,678   |
| Niederflurfahrzeug Fahrtrichtung IV              | 0,754  | 0,754   |
| Gelenktriebwagen mit Hänger Fahrtrichtung I      | 3,090  | 1,301   |
| Gelenktriebwagen mit Hänger Fahrtrichtung II     | 1,842  | 0,761   |

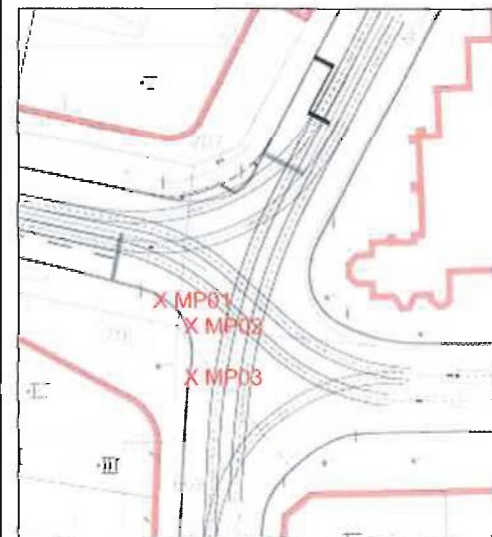
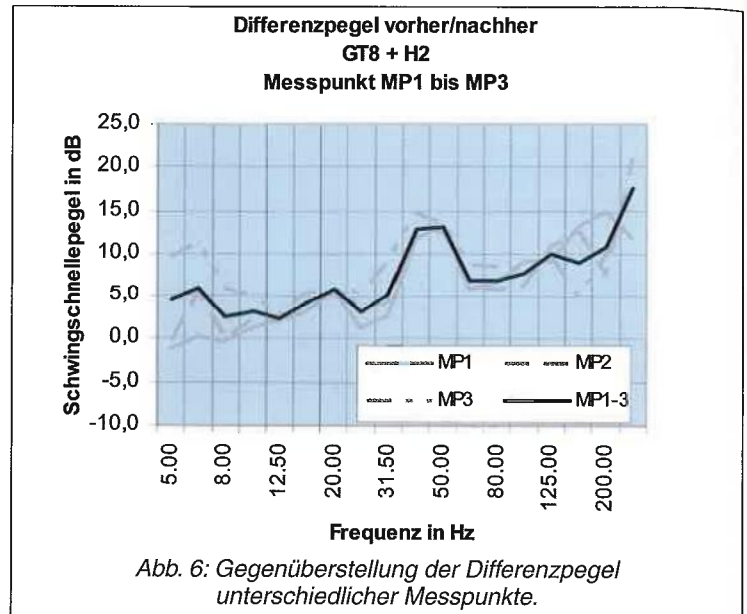
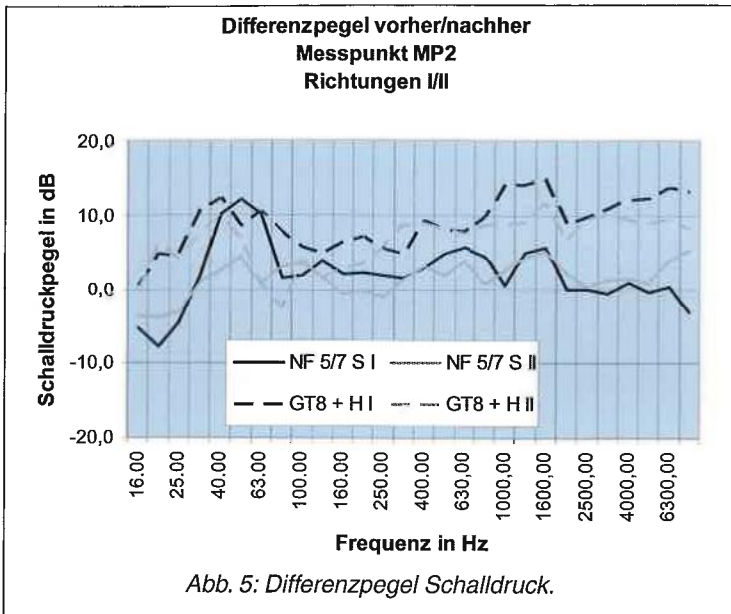


Abb. 4: Anordnung der Messpunkte.



wurden energetisch gemittelt. Für die unterschiedlichen Erreger wurden für jeden Messpunkt die Differenzpegel ( $\Delta L_v = L_{v,v} - L_{v,n}$ ) gebildet. Die Differenzpegelbildung erfolgte so, dass positive Differenzen eine Pegelminderung darstellen. Weiterhin wurden die Differenzpegel der über die drei Messpunkte gemittelten Pegel gebildet. In Abbildung 6 sind die in den drei Geofonmesspunkten ermittelten Schwingschnelle-Differenzspektren des GT8-Fahrzeuges der Fahrten in Richtung I dem entsprechenden Mittelwert der drei Messpunkte gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass sich die einzelnen Differenzpegel gut mitteln lassen. Dies gilt auch für die Fahrten in Richtung II. Bei den Fahrten in Richtung III/IV sind die Unterschiede größer (Abb. 7).

In Abbildung 8 sind die für die unterschiedlichen Erreger über alle Messpunkte gemittelten Differenzpegel zusammengestellt. Ins-

gesamt gesehen ist eine Minderung der Schwingungsanregung zu erkennen. Dies lässt sich auch aus der Gegenüberstellung der mittleren Schwinggeschwindigkeiten nach Tabelle 2 entnehmen.

## Beurteilung der Messergebnisse

Die unterschiedliche Pegelabnahme zwischen den beiden Hauptstrecken ist dem stark unterschiedlichen Verschleißzustand vor der Instandsetzung zuzuschreiben. Die Messrichtung I/II wird planmäßig durch die Straßenbahnlinie 704 und 709 befahren, während die Messrichtung III/IV nur durch die Linie 708 befahren wird.

Die annähernd doppelte Streckenbelastung hatte dazu geführt, dass die Bahnen der Linie 704 und 709 bei einer Rillentiefe von et-

wa 21 mm fast alle mit Radlauffläche in die Herzstücklücke fielen, während die Bahnen der Linie 708 diese Lücke noch auf dem Spurkranz („quasi auf Zehenspitzen“) überquerten. Die Tatsache, dass die Bahnen der 708 (Messrichtung III/IV) mit dem Spurkranz auf dem Rillenboden auch die querenden tief gefahrenen Rillen als punktuelle Unebenheit überfahren, scheint hinsichtlich der Emissionen unbedeutend zu sein.

## Ausblick

Die Minderungen der gemessenen Luft- und Körperschallpegel belegen deutlich, wie wichtig es ist, die im Straßenbahn-/Stadt-bahnbereich häufig unvermeidlichen Flachrillenherzstücke hinsichtlich der Rillentiefe in einwandfreiem Zustand zu halten.

