

ESV

Kurvengeräusche

Messung, Bewertung und Minderungsmaßnahmen

Herausgegeben von

Friedrich Krüger

Mit Beiträgen von

Yacin Ben Othman

Christian Czolbe

Christoph Eichenlaub

Martin Fehndrich

Peter Fürst

Christoph Gramowski

Raimund Jünger

André Kofmehl

Friedrich Krüger

Udo Lenz

Klaus Martini

Dirk Oberhohkamp

Jakob Oertli

Thomas Rupp

Enzo Scossa-Romano

Thomas Thron

Helmut Venghaus

ERICH SCHMIDT VERLAG

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Weitere Informationen zu diesem Titel finden Sie im Internet unter

[ESV.info/978 3 503 14416 7](http://ESV.info/978%203%20503%2014416%207)

Gedrucktes Werk: ISBN 978 3 503 14416 7

eBook: ISBN 978 3 503 15405 0

ISSN 0340-9554

Alle Rechte vorbehalten

© Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2013

www.ESV.info

Satz: Andreas Quednau, Haan

Druck und Bindung: Danuvia Druckhaus, Neuburg a. d. Donau

Vorwort

Beim Schienenverkehr ist Kurvenquietschen das mit Abstand lauteste und, wegen seiner Tonhaltigkeit, das am stärksten störende Geräusch. Z.B. treten in 7,5 m Abstand von Gleismitte maximale Schalldruckpegel bis $L_{pAFmax} = 105$ dB(A) auf. Von Anwohnern vorgetragene Beschwerden über zu hohe bzw. stark störende Schallimmissionen von Nahverkehrsfahrzeugen betreffen vorrangig dieses Geräusch. Eine Vermeidung oder zumindest eine deutliche Minderung dieser Geräusche führt zu einer verbesserten Umweltsituation und somit auch zu einer erhöhten Akzeptanz dieses Verkehrssystems durch die betroffene Bevölkerung. Eine umfassende und für alle Bedingungen anzuwendende Lösung gibt es bisher nicht.

Mit einem vom BMWi geförderten Forschungsvorhaben wurden sowohl für den Konstrukteur von Drehgestellen/Fahrwerken bzw. Rädern als auch für den Betreiber von Schienenfahrzeugen Möglichkeiten aufgezeigt, die bei zu beschreibenden Randbedingungen zu einer Minderung oder Vermeidung von Kurvengeräuschen beim Befahren von engen Gleisbögen führen. Solche Randbedingungen betreffen z.B. die Witterungsverhältnisse, den aktuellen Verschleißzustand von Rädern und Schienen, die Federungseigenschaften der Primärfeder (Möglichkeit der – teilweisen – Radialeinstellung von Radsätzen) sowie das Laufverhalten des Drehgestells im Gleisbogen. Die wesentlichsten Randbedingungen sowie deren Einfluss auf eine Anregung und deren messtechnische Ermittlung wurden untersucht, wobei die Interpretation und Umsetzung auf konkrete Fragestellungen im Vordergrund standen. Hiermit wurden der Problemstellung adäquate Lösungen aufgezeigt. In dem Projekt wurden sowohl prinzipiell bekannte als auch neue Maßnahmen zur Minderung/Vermeidung von Kurvengeräuschen untersucht. Unter „bekannte Maßnahmen“ werden hier solche Lösungen verstanden, die in ganz konkreten Einzelfällen bereits zu einem positiven Ergebnis geführt haben.

Aus der Praxis ist bekannt, dass diese Lösungen

- nicht überall die gleichen positiven Wirkungen zeigen (da unterschiedliche, bisher nicht eindeutig zu beschreibende und messtechnisch auch nicht nachzuweisende Randbedingungen vorhanden sind),
- nicht überall anwendbar sind (z.B. wegen Platzmangel am Rad oder am Gleis),
- wegen betrieblicher Gründe nicht angewendet werden dürfen (z.B. größere Reibwertveränderungen von Schienen, die in Straßenfahrbahnen eingebettet sind),
- nur für eine gewisse Zeit eine gute Wirkung zeigen, d.h., sie weisen eine mit der Zeit nachlassende Wirkung auf.

In der vorliegenden Veröffentlichung werden die Anregungsmechanismen, die messtechnische Erfassung, die Bewertung und die Möglichkeiten zur Minderung dieser Geräusche beschrieben. Hierbei werden sowohl einige Ergebnisse des genannten Forschungsvorhabens präsentiert. Ergänzend werden Erfahrungen einzelner Verkehrsunternehmen und Lösungsvorschläge aus der Industrie vorgestellt. Hierdurch wird das Thema umfassend von verschiedenen Seiten aus beleuchtet und Lösungen zur Minderung oder Vermeidung dieser Geräusche aufgezeigt.

Dem Anwender werden somit konstruktive Hilfen zur Verfügung gestellt. Die Autoren hoffen, dass bei einer angemessenen Umsetzung der Vorschläge solche Geräusche in Zukunft nicht mehr oder deutlich reduziert auftreten werden.

Friedrich Krüger, STUVA

Köln, im Februar 2013

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Abbildungsverzeichnis	13

Teil A **Präsentation von Forschungsergebnissen**

Dr.-Ing. Friedrich Krüger, STUVA, Köln

Kurvengeräusche – Grundlagen	23
1. Problemstellung	23
2. Ursachen von Kurvengeräuschen	24
2.1 Überblick	24
2.2 Wesentliche Parameter zur Anregung von Kurvenquietschen	26
2.3 Querbewegung – eine nähere Betrachtung	28
2.4 Kriechen	30
3. Grundsätze zur Minderung und Vermeidung	31
4. Literatur	33

Dr.-Ing. Friedrich Krüger/Dipl. Phys.-Ing. Klaus Martini, STUVA, Köln

Messeinrichtungen	35
1. Einführung	35
2. Reibung	35
2.1 Vorbemerkungen	35
2.2 Beschreibung der Messeinrichtung	37
2.3 Erprobung	38
3. Spurspiel, Schienenkopf- und Radprofil	39
4. Rauheit der Schienenfahrfläche	40
5. Dauermessung	42
5.1 Einführung	42
5.2 Messeinrichtung zur Ermittlung der Witterungsabhängigkeit	42
5.3 Hard- und Software	42
6. Literatur	44

Christoph Eichenlaub, ALSTOM, Salzgitter

Erstellung einer Messvorschrift	45
1. Messvorschrift	45
2. Simulationsverfahren und Versuchsträger	45
3. Parameter	46
3.1 Lauftechnische Parameter	46
3.2 Klimatische Parameter	47
3.3 Auswahl der Parameter und Übertragbarkeit	48
3.4 Parameterauswertung	48
4. Klassifizierung	50
5. Zuordnung von Versuchsparametern	51
6. Literatur	54

Dr.-Ing. Friedrich Krüger/Dipl. Phys.-Ing. Klaus Martini, STUVA, Köln

Messergebnisse in einer Wendeschleife	55
1. Messortbeschreibung	56
2. Untersuchte Maßnahmen am Gleis	57
3. Ergebnisse	61
3.1 Wettereinfluss	61
3.2 Ergebnisse der einzelnen Minderungsmaßnahmen	62
3.3 Anfahrwinkel	66
3.4 Reibung	66
3.5 Rauheit	67
3.6 Gleis- und Radsatzgeometrie	67
4. Literatur	68

Udo Lenz, I.B.U. GmbH, Essen/Dirk Oberhokamp, moBiel GmbH, Bielefeld

Minderung von Kurvengeräuschen durch Einsatz einer Schienenbefeuchtungsanlage	69
1. Einführung	69
2. Befeuchtungsanlage	70
3. Ergebnisse	71
4. Betriebskosten	72
5. Literatur	73

Udo Lenz, I.B.U. GmbH, Essen

Minderung von Kurvenquietschgeräuschen durch Einsatz einer Radbedämpfung	75
1. Einführung	75

2. Radbedämpfung	78
3. Messergebnisse	79
4. Literatur	82

Dr.-Ing. Yacin Ben Othman, TU Berlin

Die Systemkomponente Rad während des Kurvenquietschens	83
1. Einleitung	83
2. Reiberregte Schwingungen	84
3. Das Rad während des Quietschvorganges	86
4. Literatur	89

Dr.-Ing. Friedrich Krüger, STUVA, Köln

Messtechnische Ermittlung von Anfahrwinkeln in Gleisbögen	91
1. Einführung	91
2. Messtechnik	93
2.1 Grundlagen und Vorgaben	93
2.2 Beschreibung der Messeinrichtung	96
2.3 Erprobung der Messeinrichtung	97
3. Weitere Messergebnisse	100
4. Literatur	105

Dr. Friedrich Krüger, STUVA, Köln

Bewertung von Kurvengeräuschen	107
1. Einführung	107
2. Bewertung – Auswertung von Messergebnissen	109
3. Literatur	113

Teil B

Praktische Beispiele aus Verkehrsunternehmen

Thomas Rupp, Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Wasserbenetzungsanlagen in Karlsruhe	117
1. Einführung	117
2. Benetzungsanlagen	118
3. Praktische Erfahrungen	119

Raimund Jünger, Kölner Verkehrs-Betriebe AG – KVB, Köln

Befeuchtungsanlage in Köln im Test	121
1. Einführung	121
2. Lösungsmöglichkeiten	122
4. Messergebnisse	124
5. Literatur	127

Dr. Jakob Oertli/Enzo Scossa-Romano, SBB, Bern

Erfahrungen der SBB mit Kurvenkreischen	129
1. Einführung	129
2. Betroffenheit auf dem Netz der SBB	129
2.1 Perspektive Bahnkunden und Bahnpersonal	129
2.2 Perspektive Anwohnerinnen und Anwohner	130
3. Rechtliche Beurteilung von Kurvenkreischen in der Schweiz	130
3.1 Orte mit gesetzlich festgelegten Immissionsgrenzwerten	130
3.2 Orte ohne gesetzlich festgelegte Lärmimmissionsgrenzwerte	130
4. Projekte gegen Kurvenkreischen mit Beteiligung der SBB	131
4.1 Curve Squeal Phase I	131
4.2 Curve Squeal Phase II	131
4.3 Bahnhof Bern	131
4.4 Theoretische Modelle	131
4.5 Fazit	132
5. Massnahmen gegen Kurvenkreischen	132
5.1 Einsatz von Schmieranlagen	132
5.2 Asymmetrische Schienenprofile	134
6. Literatur	134

Dr.-Ing. Peter Fürst, cdf Schallschutz, Dresden

Stochastische Einflüsse auf das Kurvenquietschen von Straßenbahnen	137
1. Einführung	137
2. Langzeitbeobachtung – Häufigkeit des Kurvenquietschens	138
3. Untersuchungsmethodik der Langzeitbeobachtung	140
4. Häufigkeit des Auftretens von Quietschen	140
5. Zeitlicher Verlauf des Quietschens	142
6. Sonderfall Gleisanlage Chemnitz mit $r > 300$ m	143
7. Einfluss der Spurkranzschmierung auf das Quietschverhalten	143
8. Literatur	144

Teil C

Lösungsangebote der Industrie

Dr. Martin Fehndrich, Bochumer Verein Verkehrstechnik GmbH, Bochum

Radschallabsorber – Beseitigung von Kurvengeräuschen an der Quelle	149
1. Einführung	149
2. Befestigung der Absorber am Rad	151
3. Befestigung von Absorbern am gummigefederten Rad	151
4. Verschmutzung von Absorbern	151
5. Literatur	152

Helmut Venghaus/Christoph Gramowski, Schrey & Veit GmbH, Sprendlingen

Rad- und Schienenabsorber	153
1. Radabsorber	153
1.1 Einführung	153
1.2 Raddämpfer bei Rollgeräuschen auf gerader Strecke	155
1.3 Raddämpfer bei Kurvengeräuschen	159
2. Schienenabsorber	161
3. Literatur	164

Dr.-Ing. Christian Czolbe/Dr.-Ing. Thomas Thron, PROSE AG, Winterthur

Schweizer Maßnahmen	165
1. Maßnahmen gegen Kurvenkreischen bei Bergbahnen	165
1.1 BUWAL Studie Schmalspurbahnen	165
1.2 Wirkmechanismen bei Kurvengeräuschen	166
1.3 Grundsätzliche Maßnahmen zur Vermeidung von Kurven- geräuschen	167
1.4 Konkrete Umsetzung bei der MOB	167
2. Maßnahmen gegen Kurvenkreischen beim Regionalverkehr Bern- Solothurn	169
3. Radschallabsorber bei der Rhätischen Bahn	172
4. Kurvengeräusche bei Vollbahnfahrzeugen	176
5. Literatur	181

André Kofmehl, MLaw, CEO Igralub Group, Zürich

Kurvengeräusche – Vermeiden durch Friction Modifier	183
1. Ursache	183
2. Kreischen	183

3. Maßnahmen	184
3.1 Voraussetzung zur Einführung eines Konditionierungsmittels	184
3.2 Gegenüberstellung Schmiersysteme	185
4. Anforderungen an das Konditionierungsmittel	187
5. Erfahrungen	187
Über die Autoren	189
Stichwortverzeichnis	193