Turbulente An- und Umströmung von Motorradhelmen unter strömungsakustischen Aspekten

Jörg Rothhämel, Gerd Janke, Oliver Schimpf

Schuberth Engineering AG, 38106 Braunschweig, Deutschland, Email: rothhaemel@schuberth.de

Ursache von Strömungsgeräuschen auf dem Motorrad ist die Verwirbelung der Luft. Diese Turbulenzen erzeugen *lokal* extrem hohe Schalldruckpegel bis weit über 140 dB, den sogenannten Pseudoschall.

Wir beschreiben hier zunächst die Randbedingungen der Anströmung des Fahrers und zeigen die Detektion turbulenter Strömungsgebiete am Helm auf. Der Turbulenzgrad dieser Gebiete wird bestimmt und mit Messungen des lokalen Wechseldruckes in der Strömung verglichen.

Anströmung des Fahrers

Turbulenzen werden durch die Verkleidungsscheibe des Motorrades erzeugt. Bild 1 zeigt den außerordentlich großen Einfluss der Höhe einer Verkleidungsscheibe auf den Schalldruckpegel im Helm. Der Effekt ist in der Literatur und in Motorradfahrerkreisen bekannt. Heyl et. al. [1] schreiben: „***Ein Motorradfahrer, der sich über zu laute Helmgeräusche beklagt, sollte zuerst überprüfen, ob nicht die Verkleidung maßgebliche Ursache für zu hohe Geräusche ist.***“ Eine ideale Scheibenposition, d.h. der Kompromiss zwischen idealem Windschutz und geringem Strömungsgeräusch, kann jeder Fahrer nur für sich selber finden, da die eigenen Körperproportionen maßgebend sind.

Helmmodell

Die Lärmbelastung des Fahrers ist auch deutlich vom Modell des Helmes abhängig. Bei Schuberth werden seit 1999 leise Helme entwickelt. Das Ergebnis dieser Arbeit von über 10 dB Lärmreduktion ist in Bild 2 dargestellt.

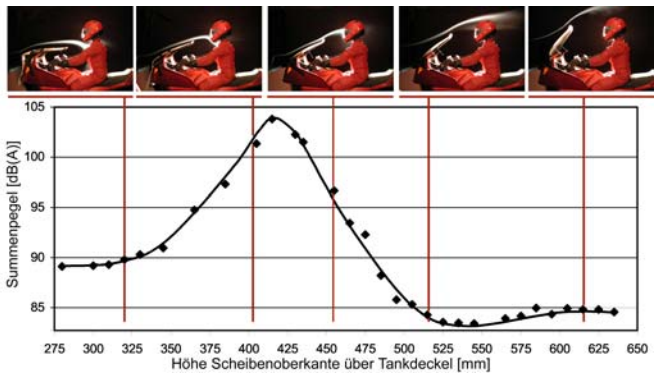

Bild 1: Einfluss eines höhenverstellbaren Windschildes auf das Geräusch im Helm bei 100 km/h

Die Messungen entstanden im Schuberth Akustikwindkanal auf einem unverkleideten Motorrad (BMW R1150R) mit einem Head Acoustics Kunstkopf. Viele Motorradfahrer fahren jedoch, um den Oberkörper zu entlasten, mit einem Windschild, das zusätzliche Turbulenzen produziert. Daher finden folgende Betrachtungen auf einer Ducati 916 mit einem kleinen Windschild statt, einem typischen Fall.

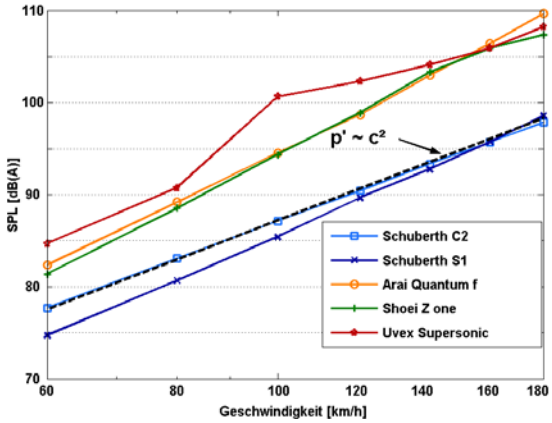

Bild 2: Typische Gesamtpegel von Integralhelmen bei 100 km/h auf einem unverkleideten Motorrad im Windkanal

Turbulente Umströmung des Helmes

Bild 3 zeigt eine einfache Strömungssichtbarmachung mittels langer Wollfäden. So können turbulente und laminare Strömungsgebiete gut detektiert werden. Bild 3 zeigt a) die Mittelebene, b) die Seitenebene 7,5 cm außermittig, c) die Seitenebene 15 cm außermittig und d) die Spiegelumströmung. In a) ist sehr gut zu erkennen, wie die Verkleidungsscheibe Turbulenzen erzeugt. Weiterhin wird die Strömung hinter der Abrißkante des Helms turbulent. Dies hat im Gegensatz zur turbulenten Umströmung des Halses in b) keinen Einfluß auf die Lärmbelastung des Fahrers. Bild 3c) zeigt, daß Strömung direkt neben dem Helm wieder laminar ist.

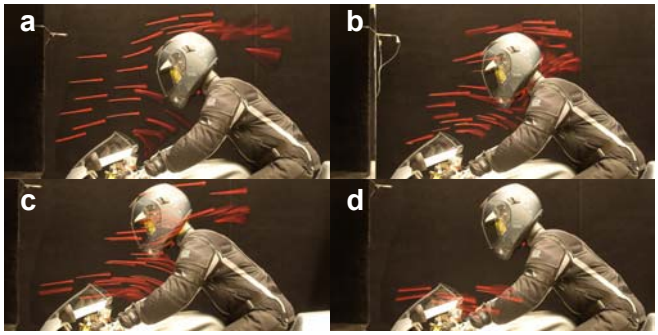

Bild 3: Strömungssichtbarmachung mittels Wollfäden

Deutlich zu erkennen ist in d), daß die Spiegelumströmung - im Gegensatz zum Automobil - keinen Einfluß auf die Lärmbelastung des Fahrers hat. Die turbulenten Regionen am Hals und um den Helm werden im folgenden detailliert betrachtet.

Turbulente Geschwindigkeitsfluktuationen erzeugen an überströmten Wänden lokale Wechseldruckgebiete geringer räumlicher Kohärenz, aber – für akustische Maßstäbe – enorm hoher Intensität. Nach Dobrzynski [2] sind die Effektivwerte dieser Druckfluktuationen proportional zum Quadrat der Strömungsgeschwindigkeit, womit sich bei

Verdoppelung der Geschwindigkeit ein Anstieg von 12 dB ergibt. Dieser Zusammenhang kann experimentell bestätigt werden. In Bild 2 folgt die eingetragene Helmkurve sehr gut diesem Zusammenhang.

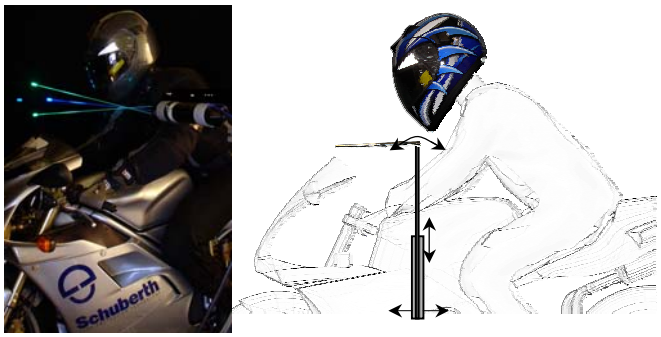

Bild 4: Messaufbau LDA (links) und Nasenkonus (rechts)

LDA-Bestimmung des Turbulenzgrades

Mittels Laser-Doppler-Anemometrie (Bild 4 links) wurde die lokalen Strömungsgeschwindigkeiten bestimmt. Über die gemittelten Schwankungsgeschwindigkeiten der turbulenten Strömung wurde der Turbulenzgrad bestimmt. Die Schwierigkeit bei den Messungen liegt an den komplexen geometrischen Randbedingungen, so daß nicht an allen relevanten Positionen gemessen werden kann. Die Ergebnisse dieser Messungen sind interpoliert in Bild 5 aufgetragen.

Bild 5: LDA-Messung der Turbulenz mittig hinter der Verkleidungsscheibe und seitlich des Halses

Nasenkonusmessung des lokalen Wechseldruckes

Mittels ¼ Zoll Messmikrofon und einem Nasenkonus wird der lokale Wechseldruck in der Strömung bestimmt (Bild 4 rechts). Das beinhaltet sowohl für das Fernfeld ausbreitungsfähigen Schall als auch Pseudoschall. Geometrische Randbedingungen lassen hier nur Messungen zu, bei denen von hinten die Sonde in die Strömung traversiert wird. Daher sind in Bild 6 nur interpolierte Ergebnisse seitlich der Mittelebene und hinter dem Helm aufgetragen.

Beim Vergleich der Ergebnisse von LDA (Bild 5) und Nasenkonusmessung (Bild 6) ist eine große Übereinstimmung zu erkennen. Sehr deutlich zeigt sich, daß im Schulter-Hals Bereich extrem hohe Turbulenz vorhanden ist und diese sehr nah zum Ohr des Fahrers liegt. So lassen sich Schalldruckpegel bei 100 km/h von bis über 100 dB(A) erklären (Bild 2).

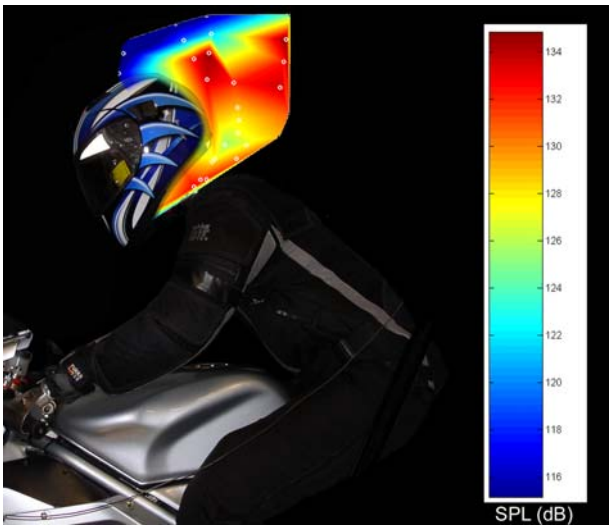

Bild 6: Nasenkonusmessung des SPL 7,5 cm seitlich

Die Oktavbandanalyse der Nasenkonusmessungen um den Helm in der Frontalebene (Bild 7) zeigt deutlich, daß im Halsbereich tieffrequenter Lärm dominiert. Dies liegt an den großen und energiereichen Turbulenzballen (vgl. Bild 3b). Weiterhin ist zusehen, daß Kanten am Helm und Lüftungshutzen Strömungslärm produzieren. Hier ist bei der Helmentwicklung sorgfältig darauf zu achten, daß Lärm aus diesen Schallquellen nicht ungedämpft zum Ohr gelangt.

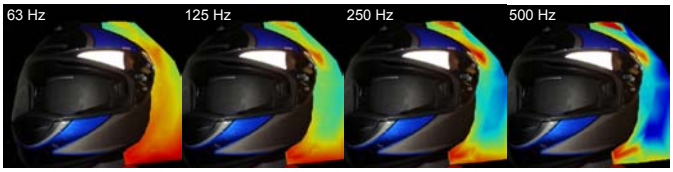

Bild 7: Oktavpegel des Strömungslärms um einen Helm in der Frontalebene

Zusammenfassung und Ausblick

Die Bestimmung der Turbulenz am Helm ist für die zukünftige Entwicklung leiser Helme notwendig, um Schallquellen detailliert zu lokalisieren und möglichst schon bei in der Designphase zu eliminieren. Dazu bieten sich je nach Fragestellung alle drei vorgestellten Methoden an.

Inzwischen werden schon Strömungsberechnungen für die Aerodynamik durchgeführt. Für die Helmaeroakustik ist dieses Werkzeug zur Zeit jedoch noch zu aufwendig. Jedoch kann so die Strömungsumgebung um den Helm detailliert berechnet werden.

Literatur

[1] Heyl et al.: Akustische/aeroakustische Eigenschaften von Motorradhelmen. VDI Fachtagung Motorrad Berlin. VDI-Verlag, 1993

[2] Dobrzynski, W.: Windgeräusche am Kraftfahrzeug in: Akustik und Aerodynamik des Kraftfahrzeuges, Hrsg. Syed R. Ahmed, Renningen: expert verlag, 48-73, 1995