

Konzeption und Inbetriebnahme eines aeroakustischen Freistrah-Windkanals

Ennes Sarradj¹, Thomas Windisch²

¹Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Institut für Verkehrstechnik, D-03046 Cottbus, ennes.sarradj@tu-cottbus.de

²Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH, D-01099 Dresden

Einführung

Eine Möglichkeit für experimentelle Untersuchungen auf dem Gebiet der Aeroakustik sind Messungen in einem aeroakustischen Windkanal. Im Beitrag wird über die Konzeption und Inbetriebnahme des aeroakustischen Freistrah-Windkanals für Modellmessungen im Fluidzentrum der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus berichtet. Das Ziel der Auslegung dieses Windkanals war, eine hohe Strömungsgüte und ein extrem geringes Eigengeräusch bei gleichzeitig geringen Baukosten zu erreichen. Als zu erreichende Daten wurden $U = 50$ m/s bei einem Querschnitt von 20 cm Durchmesser sowie eine möglichst extrem geringes Strömungsgeräusch festgelegt. Es wird zunächst auf die Konstruktion des Antriebs und der Schalldämpfer unter akustischen und strömungstechnischen Gesichtspunkten eingegangen. Anschließend werden die erreichten Leistungsparameter diskutiert und die Ergebnisse der Inbetriebnahmemeasurements gezeigt.

Aufbau der Anlage

Für einen Windkanal mit einem möglichst leisen Strömungsgeräusch kommt entweder eine geschlossene Messstrecke mit oder ohne Rückführung in Frage oder eine offene Messstrecke ohne direkte Rückführung, da am Einlass der Rückführung unweigerlich Strömungsgeräusche entstehen. In Anlehnung an den Windkanal am ehemaligen Lehrstuhl für Technische Akustik der TU Dresden wurde von einem Freistrah ohne direkte Rückführung ausgegangen. Als definierte akustische Messumgebung wurde wegen der geringeren Kosten zunächst ein Diffusfeld (Hallraum) vorgesehen.

In der Messstrecke der Anlage sollen die durch die Umströmung von Probekörpern erzeugten Geräusche untersucht werden. Deshalb müssen die von anderen Schallquellen (Störquellen) erzeugten Geräusche deutlich niedriger sein. Eine physikalische Grenze, die nicht unterschritten werden kann, stellt hier das Geräusch der Strömung (des Freistrahls) selber dar. Es ist also erforderlich, dafür zu sorgen, dass der von weiteren Störquellen, insbesondere vom Antrieb des Windkanals in die Messstrecke eingeleitete Schall geringer ist als das Freistrah-Geräusch. Das wurde sowohl für den vom Ventilator in den Ansaug- als auch für den in den Ausblaskanal abgestrahlten Schall mit Hilfe von hochdämpfenden Schalldämpfern erreicht. Der vom Ventilatorgehäuse, Motor und von den angrenzenden Anlagenteilen in die Umgebung abgestrahlte Schall wird dadurch gedämpft, dass diese Teile des Windkanals in einem

eigenen, von der Messstrecke getrennten Raum aufgestellt werden. Der vom Antrieb ausgehende Körperschall muss durch Körperschallentkopplungen zwischen Ventilator und Fundament bzw. Anschlussverrohrung gemindert werden.

Um eine hohe Qualität der im Kanal durchzuführenden Messungen zu gewährleisten, muss auch die Qualität der Strömung möglichst hoch sein. Das bedeutet, dass am Düsenaustritt ein gleichmäßiges Strömungsprofil mit sehr geringen Turbulenzen vorliegen muss.

Die gewählte Anordnung der Anlage lässt sich aus Abb. 1 entnehmen und wird im folgenden erklärt. Die Luft wird über den Ansaugkanal (1b) angesaugt, wobei sich die Ansaugöffnungen seitlich hinter einer Abdeckkulisse (1a) befinden. Durch den Kulissenschalldämpfer (2) gelangt die Luft in den Konfusor (3) (asymmetrisches Übergangstück), in dem sich der Querschnitt auf einen Durchmesser von 315 mm verringert. Nach 90°-Knie (4), Rohr (5) und Elastikstutzen (6) zur Schwingungsentkopplung gelangt die Luft in den liegenden Radialventilator, der über einen Elastikstutzen (7) an ein Übergangstück (8) auf einen Rohrdurchmesser von 355 mm angeschlossen ist. Über den Rohrschalldämpfer (9) gelangt die Luft in den Diffusorschalldämpfer (10), wo sich der Querschnittsdurchmesser allmählich auf 800 mm erweitert. Durch ein Rohrstück (11) mit eingebautem Strömungsgleichrichter und Turbulenz-Sieben wird die Luft über die Düse (12) ausgeblasen, die den Durchmesser auf 200 mm verringert.

Folgende Besonderheiten der Konstruktion sollen erwähnt werden:

- Im Ansaugweg der Luft wurde eine Umlenkung vor-

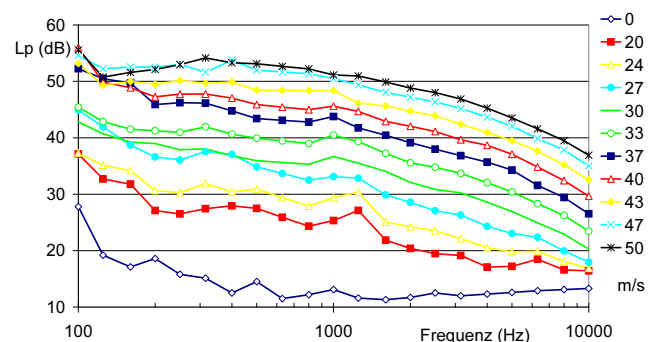


Abbildung 2: Terzpegel-Spektren des mittleren Schalldruckpegels im Messraum für verschiedenen Geschwindigkeiten

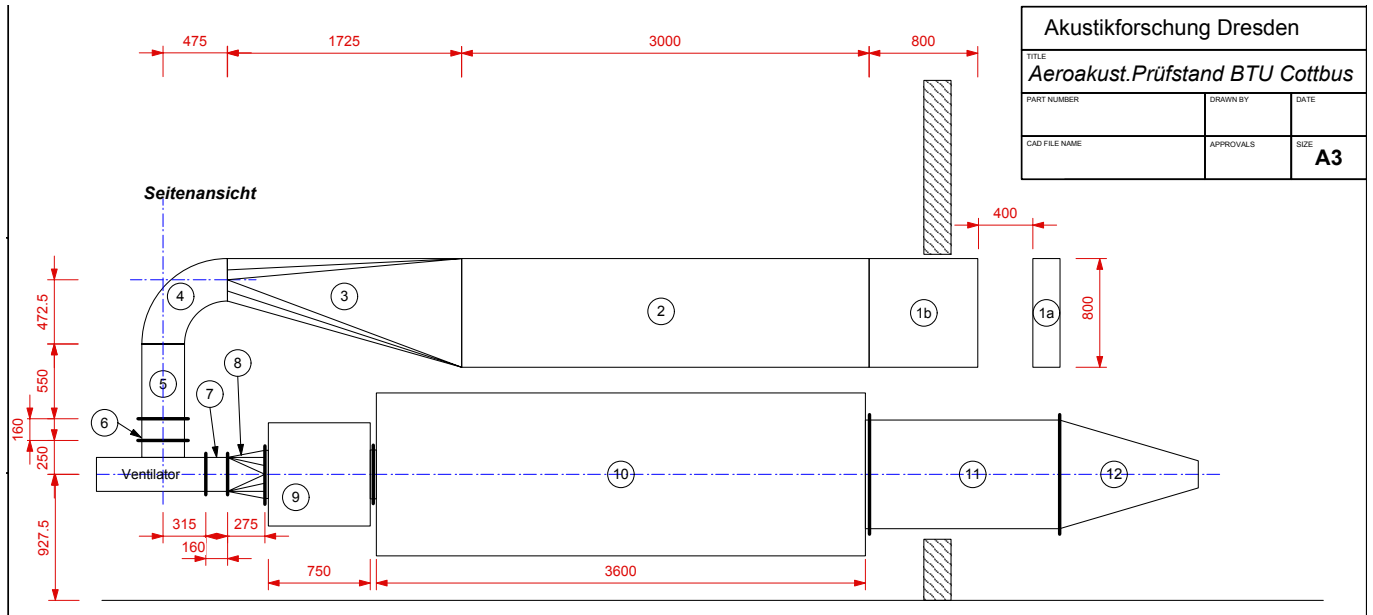


Abbildung 1: Anordnung der Anlage (Beschreibung siehe Text), Trennwand zwischen Mess- und Maschinenraum nur teilweise dargestellt

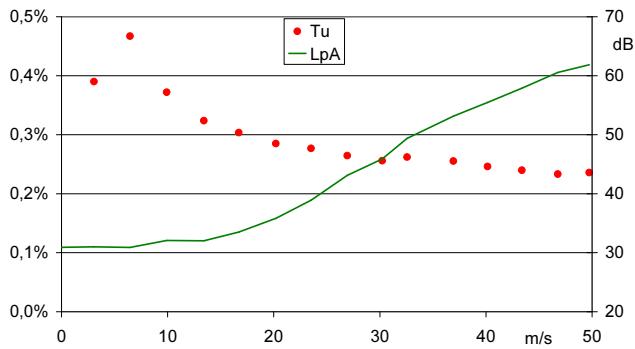


Abbildung 3: Turbulenzgrad in der Austrittsfläche der Düse und mittlerer A-bewerteter Schalldruckpegel im Messraum

gesehen, um das „Durchstrahlen“ von Schall bei hohen Frequenzen durch den Kulissenschalldämpfer zu verhindern.

- Auf Umlenkungen und Etagen nach dem Ventilator wurde zugunsten der Strömungsqualität verzichtet. Die Austrittsöffnung des Ventilators wurde auf der selben Achse wie die Austrittsdüse angeordnet.
- Um trotzdem bei kompakter Bauweise auch eine ungehinderte, gleichmäßige und unverwirbelte Zuströmung zu erreichen, musste saugseitig ein gerades Rohrstück am Ventilator vorgesehen werden und der Ventilator für liegenden Betrieb ausgelegt werden.
- Der Ventilator wurde aus etwa 20 verschiedenen Typen so ausgewählt, dass er im Betriebspunkt der Anlage eine möglichst geringe Schalleistung entwickelt.
- Der verwendete Diffusorschalldämpfer stellt eine Sonderkonstruktion dar, die neben der

strömungsgünstigen Erweiterung des Kanalquerschnitts von 355 mm auf 800 mm auch eine Einfügungsdämpfung von 48 dB bei 500 Hz erzielt.

Inbetriebnahme-Messungen

Bei der Inbetriebnahme der Anlage wurde zunächst mit Hilfe eines Prandtl-Rohres die Strömungsgeschwindigkeit in der Austrittsfläche der Düse bestimmt und der Auslegung entsprechend $U = 52$ m/s als höchste erreichbare Geschwindigkeit festgestellt.

Die Güte der akustischen Eigenschaften wurde durch Bestimmung des mittleren Schalldruckpegels im Messraum erfasst. In Abb. 2 sind die Ergebnisse als Terzpegel-Spektrum für verschiedenen Geschwindigkeiten dargestellt. Gut zu erkennen sind bei einigen Geschwindigkeiten Störgeräusche, die von der elektronischen Motoransteuerung herrühren. Als Konsequenz wird die Elektronikbaugruppe vom Mess- in den Maschinenraum verlegt.

Zur Charakterisierung der Strömungsgüte wurde mittels Hitzdraht der Turbulenzgrad in der Düsenaustrittsfläche bestimmt. Die Messung ergab einen Turbulenzgrad von unter 0,25% bei 50 m/s. Da das verwendete Messsystem an der unteren Grenze seiner Auflösung betrieben wurde, kann davon ausgegangen werden, dass die Werte in Abb. 3 eine obere Grenze für den wahren Wert darstellen und dieser sogar noch darunter liegt.

Zusammenfassung

Konzept und Realisierung eines aeroakustischen Windkanals wurden vorgestellt. Die Ergebnisse erster Messungen zeigen sehr gute akustische und strömungstechnische Daten des Kanals.