



**Protokoll zum Arbeitstreffen des DEGA- Fachausschusses  
„Strömungskustik“ am 26.05.2011 in Erlangen**

**Thema:**

**„Strömungsmaschinen in komplexen Anlagen“**

**Datum:** 26.05.2011

**Ort:**

Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik  
Bereich Fluidsystemdynamik und Strömungskustik  
Universität Erlangen-Nürnberg  
Cauerstr. 4  
91058 Erlangen

**Anwesende:**

Ulf Tapken, DLR  
Stefan Buss-Gerstengarbe DLR  
Frank Kameier, FH Düsseldorf  
Wilhelm von Heesen, MüllerBBM  
Michael Rüger, Tintschl AG  
Matthias Siercke, Airbus  
Frank Ullrich, BMW  
Michael Hartmann, Volkswagen  
Rudi Dittmar, GD  
Franz Klimetzek, Daimler  
Ennes Sarradj, BTU Cottbus  
Kai Pies, Schallschutz-Pies  
Stefan Müller, FAU Erlangen  
Thomas Uffinger, FAU Erlangen  
Jens Grabinger, FAU Erlangen  
Thomas Biermeier, Audi / FAU Erlangen  
Richard Borris, Audi  
Aaron Reppenhagen, V2C2  
Michael Paul, Behr

Michael Sturm, Uni-Gießen  
Tom Gerhard, Uni-Gießen  
Stefan Becker, FAU Erlangen  
Eberhard Schlücker, FAU Erlangen

Agenda:

10.00- 10.15 Uhr: Begrüßung, Vorstellung des IPAT der FAU  
10.15- 10.30 Uhr Kurzvorstellung der Teilnehmer  
10.30- 13.45 Uhr Vorträge, Diskussionen  
  
13.45- 14.30 Uhr Mittagspause  
  
14.30- 15.30 Uhr Vorträge, Diskussionen  
  
15.30 – 16.30 Uhr Abschlussdiskussion, Festlegungen zu einer zielführenden Weiterarbeit  
16.30 Uhr Ende des Arbeitstreffens

Vorträge und Diskussionsbeiträge:

1. Gerhard/ Sturm – Universität Siegen  
Strömungstechnische Probleme bei Ventilatoren und Luftturbinen, und zur Tragflügelakustik.
2. Tapken – DLR Berlin  
Untersuchung und Beeinflussung der Schallanregung in Turbomaschinen
3. Busse – DLR Berlin  
Auslegung von Schallabsorbern für Triebwerke
4. Sarradj - BTU Cottbus  
Aeroakustik von Strömungsmaschinen.
5. Dittmar - GD  
Kavitation in Flüssigkeitsring- Vakuumpumpen
6. Reppenhagen – Virtuelles Fahrzeug V2C2  
Forschung-Technologie-Innovation bei Virtual Vehicle
7. Biermeier / Borris - AUDI  
Strömungsakustik in Fahrzeugklimasystemen
8. Paul - Behr  
Aktuelle Anforderungen zu strömungsakustischen Untersuchungen in Fahrzeugklimasystemen

## 9. Becker – FAU Erlangen CAA – Simulation von Turbomaschinen

### Zu Punkt 1:

Arbeiten laufen zur Rotor-Stator-Interaktion und deren Schallreduktion. Maßnahmen werden ergriffen durch Ausblasung an der Hinterkante der Schaufel. Dadurch kann das Turbulenzfeld gezielt beeinflusst werden. Hierzu sind aber noch weitere Arbeiten erforderlich.

Generierung des tonalen Schalls am Laufrad durch turbulente Wirbelstrukturen am Laufradeintritt. Diese werden durch die Schaufelkanten aufgeschnitten. Der physikalische Zusammenhang wurde anhand von CFD Simulationen verdeutlicht. In der Diskussion wurde die Verlässlichkeit dieser Aussage anhand der präsentierten Simulation noch einmal kritisch diskutiert.

Weiterhin laufen Untersuchungen an der Uni-Siegen zu Windturbinengeräuschen. Hier steht eine hauseigene Windkraftanlage zur Verfügung. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt bisher auf am Schaufelblatt erzeugten, höherfrequenten Breitbandlärm. In der Diskussion wurde der Hinweis gegeben, auch dominante niedrfrequente tonale Anteile (u.a. Infraschall) in der Beurteilung der Gesamtkustik von Windkraftanlagen zu berücksichtigen.

### Zu Punkt 2:

Von der Abteilung Triebwerksakustik des DLR in Berlin wurde ein Überblick über aktuelle Forschungsthemen im Bereich Turbomaschinen gegeben.

Schwerpunkte zukünftiger Messtechnik-Entwicklungen liegen in der Analyse hochfrequenter und breitbandiger Schallfelder in Strömungskanälen, der Separation von verschiedenen Quellanteilen mittels Korrelationstechniken und der Lokalisierung von dominanten Schallquellen im Turbomaschinenkanal. Ein weiterer Fokus liegt auf der Entwicklung von direkt an den aeroakustischen Quellen ansetzenden aktiven, adaptiven und passiven Lärmminderungsverfahren. Zur Erprobung der verschiedenen Techniken wird zurzeit ein neuer modularer aeroakustischer Prüfstand mit umfangreicher Messtechnik konstruiert. Die Entwicklung der Lärmminderungsmaßnahmen und die Analyse der experimentellen Daten wird durch analytische sowie numerische Modellierung der Quellen und der Schallausbreitung unterstützt.

### Zu Punkt 3

Ein weiterer Punkt der Arbeiten am DLR und der TU in Berlin beinhaltet Untersuchungen zur Auslegung von Schallabsorbern. Hier wurden Methoden zur Impedanzbestimmung und Analyse der Dämpfungseigenschaften vorgestellt und deren Erprobung an realistischen Dämpferproben aufgezeigt. Neben einem halbnumerischen Verfahren werden Impedance eduction Methoden mit Extended Helmholtz Resonator Modell in CAA-Codes verwendet. Die zugrundeliegenden Messdaten werden mittels der modularen Prüfstände DUCT-S/C (kalte Strömung)

und HAT (heisse Strömung, hoher Druck) akquiriert. Darüber hinaus erfolgten akustische Untersuchungen an Hand eines neuen akustischen PIVs (A-PIV). Gegenstand der Diskussion war die angewandte Methodik des PIV-Verfahrens zur Erfassung der akustischen Welle, sowie die industrielle Anwendbarkeit der Analyse- und Auslegungsmethoden für Schallabsorber bei Anwendungen außerhalb der Luftfahrt.

#### **Zu Punkt 4**

Dieser Diskussionsbeitrag beinhaltete einen Überblick über die gegenwärtigen Forschungsaktivitäten an der BTU. Sie umfassen den Einsatz von porösen Materialien bei Tragflügeln zur Schallreduktion, die Auslegung eines geräuscharmen Axialpropellers, sowie aeroakustische Optimierungen an Abscheidegittern. Hinsichtlich der Messtechnikentwicklung konnte ein Mikrofonarray-Verfahren präsentiert werden, das es erlaubt, räumliche Schallquellenverteilungen zu orten.

#### **Zu Punkt 5**

Ein anderer Gesichtspunkt der Strömungsauskustik wurde durch die Firma GD vorgestellt, die Kavitation in Flüssigkeitsring- Vakuumpumpen. Es wurde darauf aufmerksam gemacht, dass es bisher noch nicht gelungen ist, CFD Rechnungen für eine Flüssigkeitsring- Vakuumpumpe im Kavitationsbetrieb durchzuführen. In der Diskussion wurde dieses Thema intensiv behandelt. Die große Problematik liegt in dem Vorhandensein einer Zweiphasenströmung mit Kavitation. Es werden weitere Forschungsarbeiten auf dem Gebiet des Kavitationslärms erfolgen.

#### **Zu Punkt 6**

Es wurde eine Übersicht über die Organisationsstruktur des Forschungsinstituts Virtuelles Fahrzeug gegeben. In der Präsentation der derzeitigen Aktivitäten liegt der Schwerpunkt auf den eingesetzten numerischen CAA Verfahren. Hier wurden Berechnungen und deren Validierung vorgestellt.

#### **Zu Punkt 7**

Von AUDI/FAU sind aktuelle Forschungsarbeiten der Fahrzeugklimaakustik vorgestellt worden. Sie beinhalteten zum einen grundsätzliche akustische Phänomene am Klimagerät und zum anderen Modellversuche an vereinfachten Geometrien. Im Speziellen wurde auf den Fall einer tangential überströmten Absperrplatte in einem Kanal eingegangen. Hier zeigte sich eine Abstrahlcharakteristik, die in der Frequenz nicht mit dem Volumenstrom skaliert. Ähnliche Ergebnisse konnten in den Arbeiten anderer Teilnehmer bestätigt werden. Dazu gab es eine lebhafte Diskussion bezüglich der physikalischen Interpretation der Resultate. Ergebnis der Diskussion waren Empfehlungen für die Fortsetzung der Untersuchungen. Erforderlich ist eine Erfassung der Druckverteilung in der akustischen Welle über der Platte.

## **Zu Punkt 8**

Eine Fortsetzung der Arbeiten zu Punkt 6 erfolgte durch den Diskussionsbeitrag von BEHR. Aus industrieller Sicht wurden verschiedene Problemfelder der PKW-Klimasysteme angesprochen und daraus Erfordernisse für die zukünftigen Forschungsaktivitäten abgeleitet. Diese umfassen neben dem Einsatz der numerischen Verfahren und der Methodenentwicklung für den industriellen Einsatz auch einen als sehr wichtig anzusehenden Schwerpunkt die Entwicklung der experimentellen aeroakustischen Messtechniken. In der Diskussion wurde angemerkt, dass gerade der Einsatz kommerzieller Software entgegen den Versprechungen und der Werbung diesbezüglicher Betreiberfirmen für aeroakustische Untersuchungen im industriellen Einsatz noch sehr begrenzt ist.

## **Zu Punkt 9**

Den Abschluss der Diskussionsbeiträge bildete eine Präsentation der FAU. Inhalt waren CAA Verfahren zur Berechnung des abgestrahlten Schalls in Turbomaschinen. Speziell wurde auf den Einsatz von FW-H Verfahren und die Benutzung der Lighthill-Analogie eingegangen. Im zweiten Fall zeigte der Vortrag eine aktuelle Verfahrensentwicklung eines hybriden Ansatzes aus einer FV- und FE-Formulierung zur Bestimmung der akustischen Quellterme im Laufrad und der Ausbreitung. Dieses Verfahren erlaubt die Bestimmung der Quellterme im rotierenden System, die Ausbreitung des Schalls im rotierenden und im festen Bezugssystem sowie den Schalldurchgang bzw. Schallreflexionen an festen Oberflächen. Erweiterungen zur Erfassung von Fluid-Struktur-Akustik Interaktionen sind vorgesehen. Der Beitrag zeigte erste Berechnungsergebnisse und die Perspektiven zukünftiger Entwicklung für Strömungsmaschinen in komplexen Systemen.

## **Abschlussdiskussion**

Das Arbeitsgespräch wurde von den Teilnehmern als wertvoll und interessant eingestuft. Bemängelt wurde die geringe Teilnahme der mittelständischen Industrie, besonders im Bereich des Pumpen-, Ventilator- und Verdichterbau. Vereinbart wurde das Treffen im jährlichen Rhythmus stattfinden zu lassen. Die Beiträge sollen beim nächsten Treffen noch spezifisch auf einzelne Problemstellungen als Diskussionsgrundlage ausgerichtet werden. Darüber hinaus wurde die Notwendigkeit weiterer numerischer Validierungsfälle festgestellt, sowie mögliche Setups diskutiert.

## **Protokoll**

PD Dr.-Ing. habil. Stefan Becker  
Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik  
Bereich Fluidsystemdynamik und Strömungsakustik  
Universität Erlangen-Nürnberg  
Cauerstr. 4  
91058 Erlangen  
email: [sb@ipat.uni-erlangen.de](mailto:sb@ipat.uni-erlangen.de)  
<http://www.ipat.uni-erlangen.de>