

# Mittelstandskonferenz 2023

KMU stärken durch digitale Innovationen

## Elektrostatistischer Gegentak NED-Aktor für Im-Ohr- $\mu$ -Lautsprecher

Christine Ruffert<sup>1,3</sup>, Hermann A.G. Schenk<sup>2</sup>, Bert Kaiser<sup>2</sup>, Lutz Ehrig<sup>2</sup>, Jorge Monsalve<sup>1</sup>, Sergiu Langa<sup>1</sup>, Franziska Wall<sup>1</sup>, Anton Melnikov<sup>2</sup>, Michael Stolz<sup>1</sup>, Andreas Morsk<sup>1</sup>, David Schuffenhauer<sup>1</sup>, Holger Conrad<sup>2</sup> und Harald Schenk<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems IPMS, Dresden, 01109 Germany

<sup>2</sup> Bosch Sensortec GmbH, Dresden, 01109 Germany

<sup>3</sup> BTU Cottbus-Senftenberg, 01109 Germany



### Aktorgeometrie

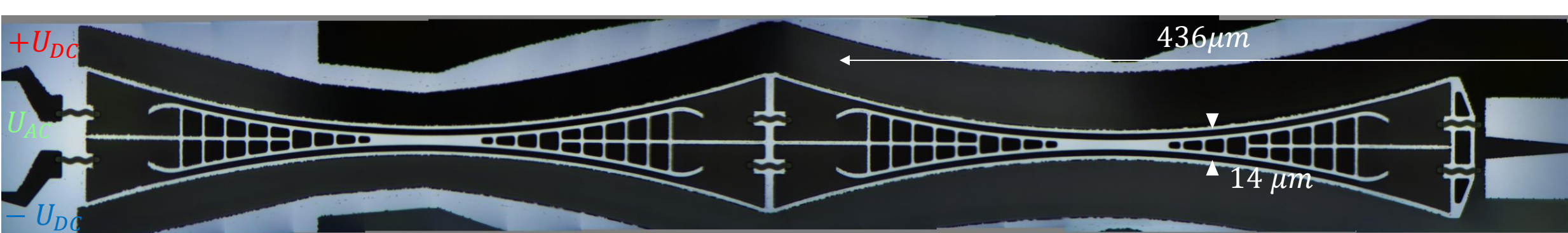


Bild 1 | Push-Pull NED Aktor [1]

- Einseitig eingespannter Aktor
- Die obere/untere Hälfte des Aktors ist getrennt ansteuerbar
- Elektrodengeometrie zur Übersetzung der Elektrodenauslenkung in eine größere Auslenkung des Aktors

### Optische Messung der Auslenkung eines Einzelaktors

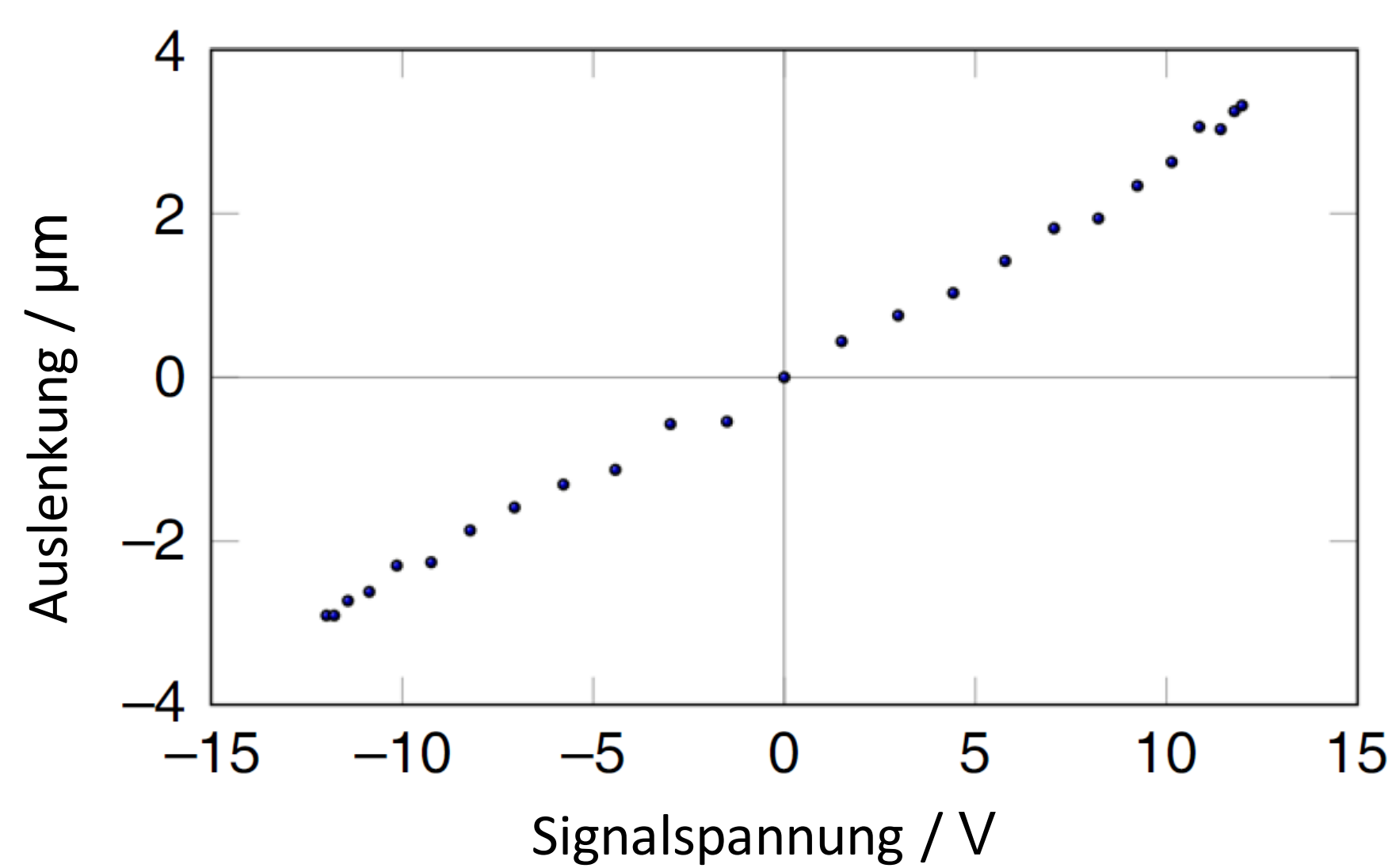
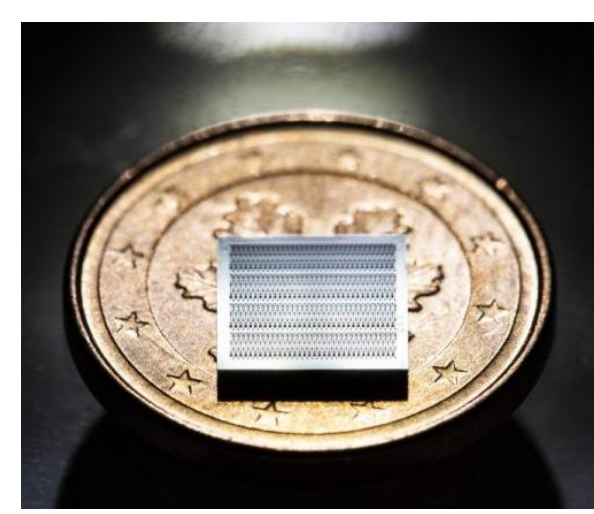
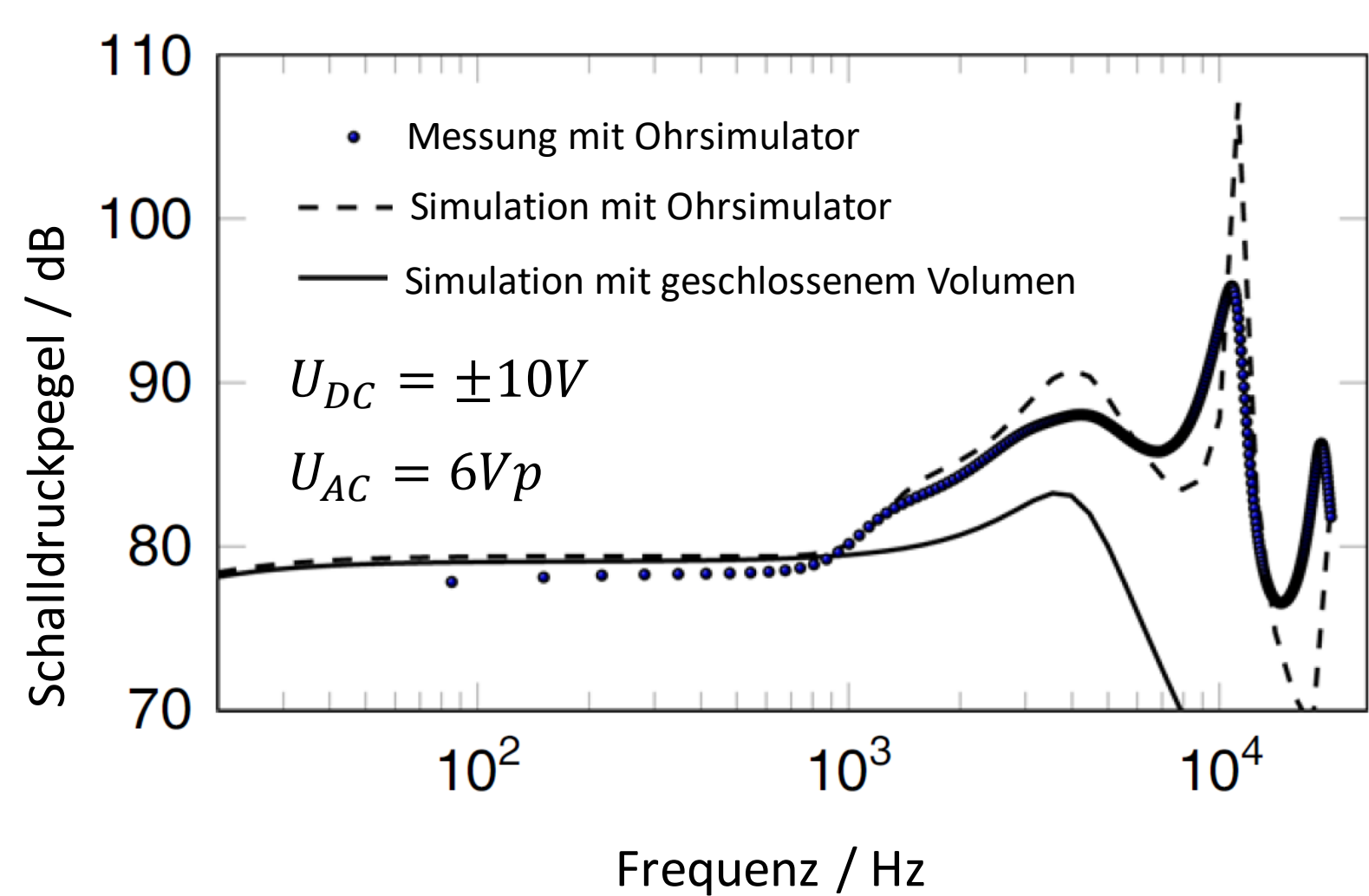


Bild 3 | Auslenkung der Aktorspitze für  $U_{DC} = \pm 12V$ ,  $U_{AC} = 12Vp$  [1]

- Beidseitige Auslenkung
- Nahezu linearer Zusammenhang zwischen Signalspannung und Auslenkung im Arbeitsbereich

### Akustische Charakterisierung



- Resonanz des Ohrkopplers bei ~10kHz
- Aktorresonanz bei ~4kHz
- 60 Aktoren von 276 Aktoren des Chips
- 53,8dB/mm<sup>2</sup> (=+4.2dB verglichen zur Vorgängergeneration)

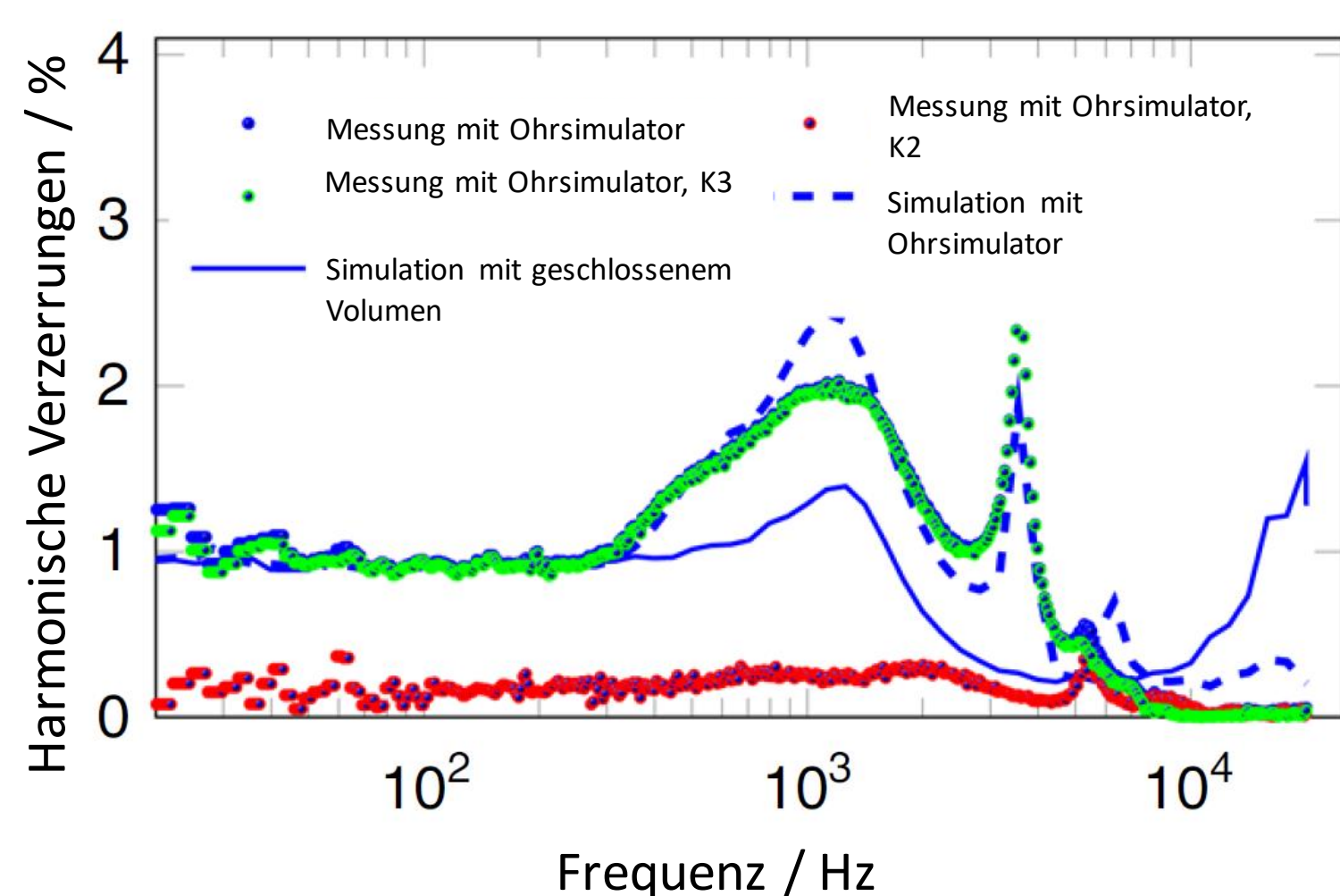


Bild 6 | Akustische Charakterisierung [1]

- Harmonische Verzerrungen  $K_n$  vergleichen die Amplitude der n-ten Obertöne  $A_n$  zum Zielsignal  $A_1$
- Ideal führt der differentielle Antrieb zu keinen geraden Harmonischen (Vorwärts = Rückwärtsbewegung)

$$K_n = \frac{A_n}{A_1}$$

### Differentieller Antrieb

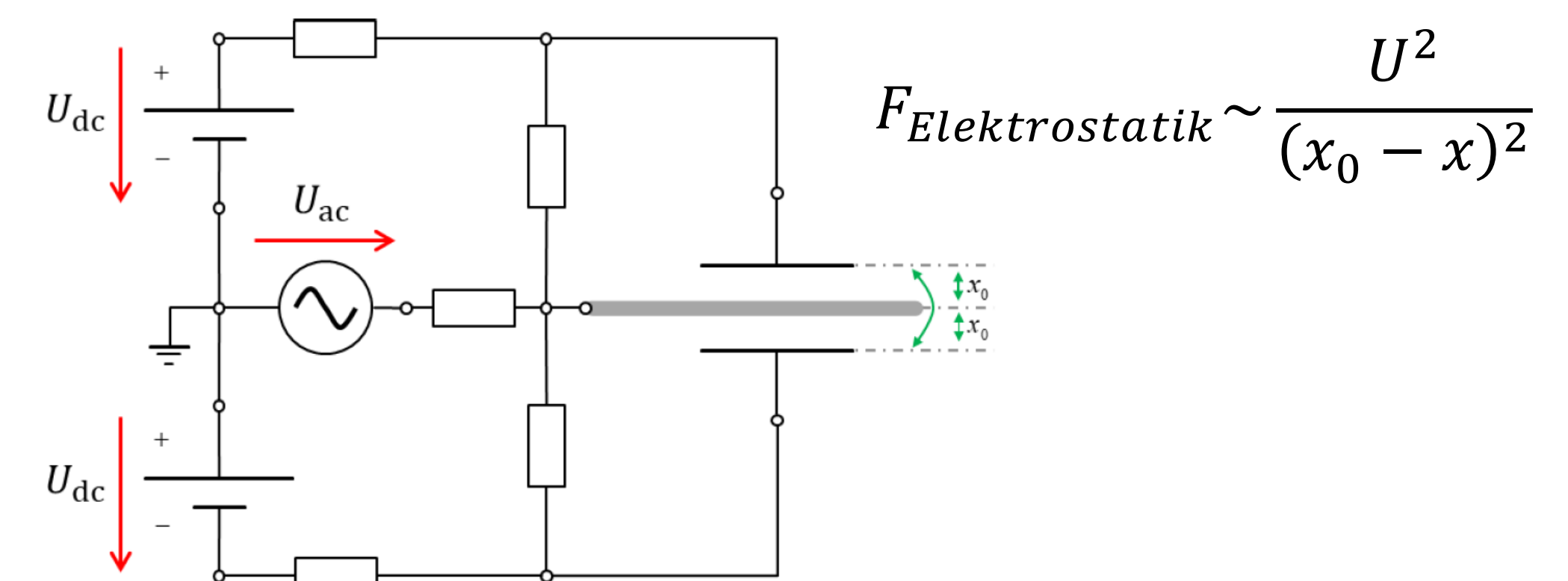
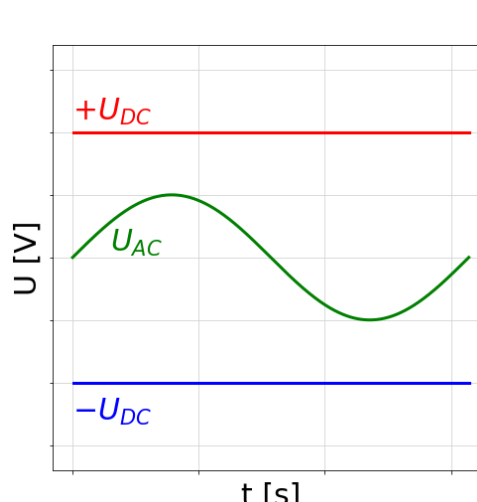
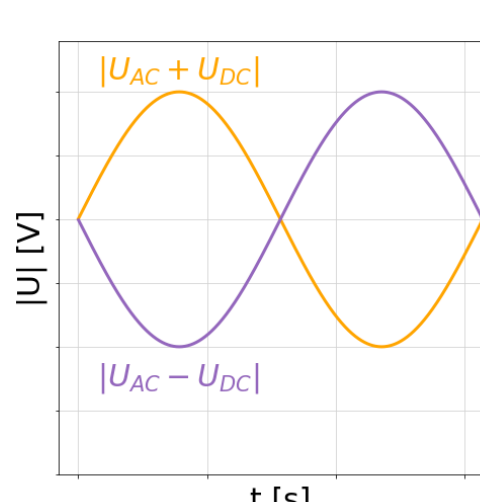


Bild 2 | Schema des differentiellen Antriebs [2]

Eingangsspannungen



Spannungsdifferenzen



Wechselseitige Aktuierung der beiden Aktorhälften ermöglicht die Vor- und Rückwärtsbewegung

### Konzept zur Schallerzeugung

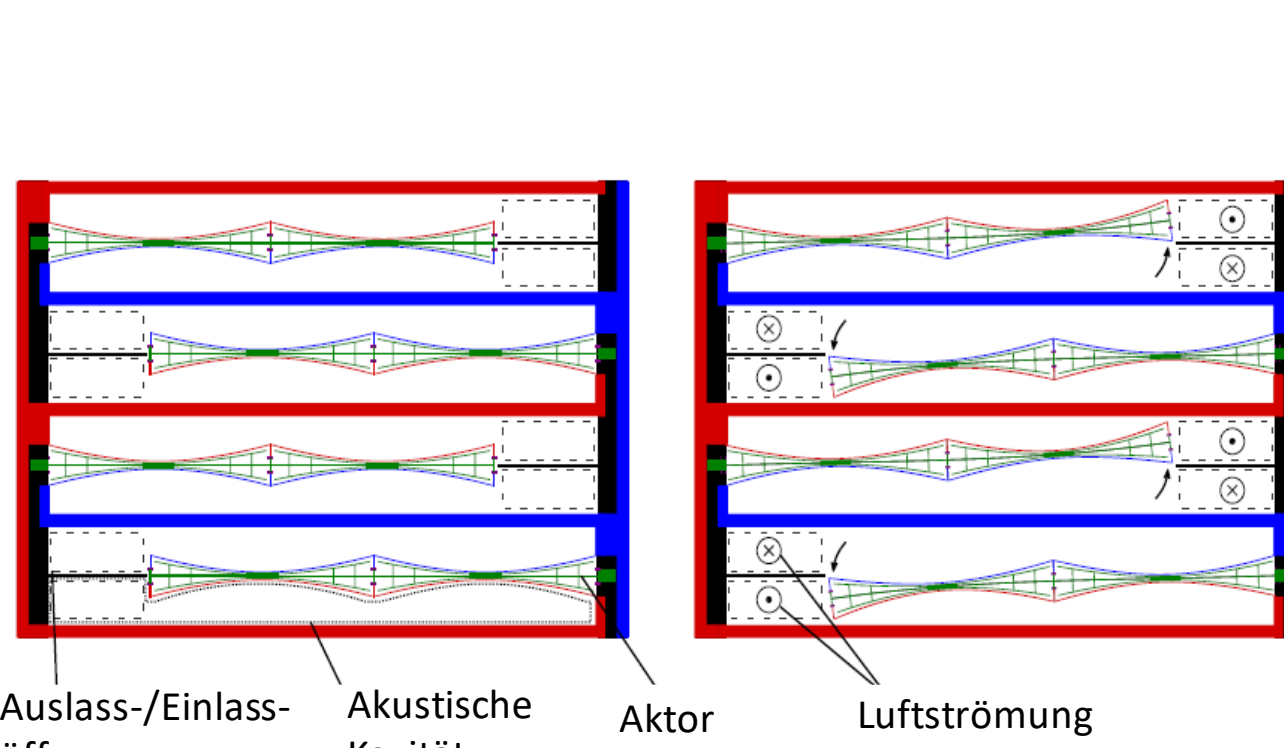


Bild 4 | Draufsicht [1]

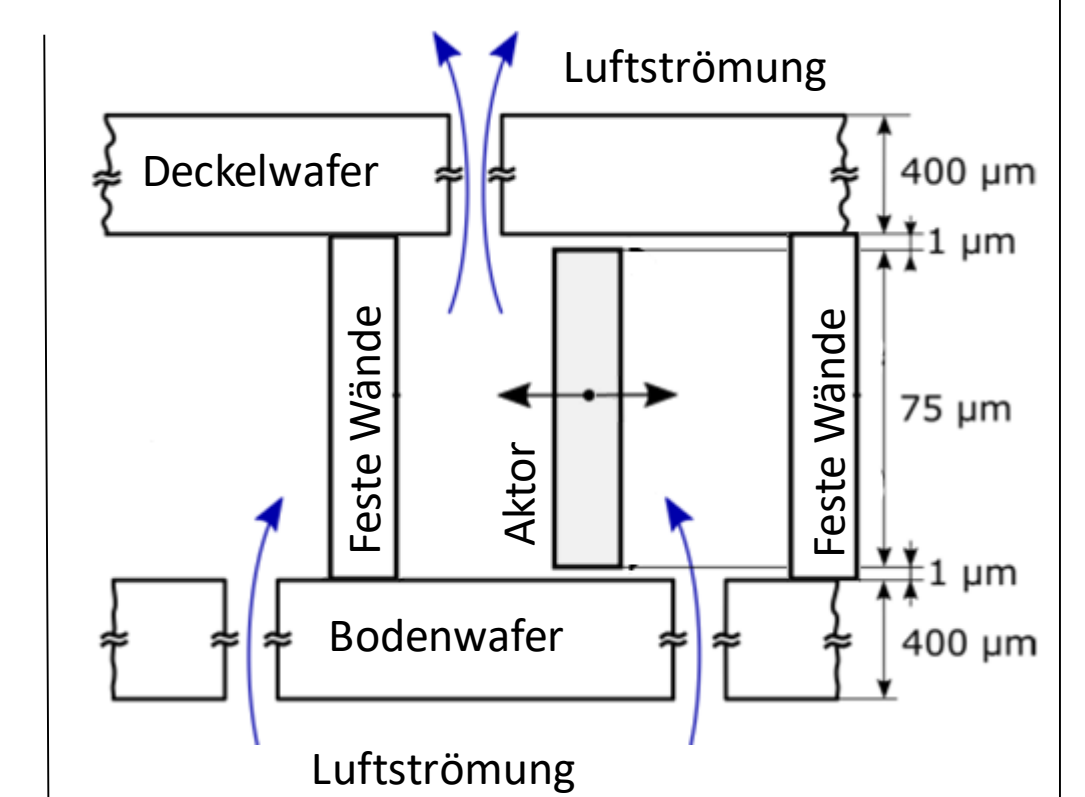


Bild 5 | Seitliche Ansicht [2]

- Wechselseitige Auslenkung zur De/Kompression der Luft
- Kopplung an ein geschlossenes Volumen über die Luften-/auslässe

### Kontakt

**Sandro Koch**  
Cognitive Systems (CS)  
+49 351 8823-239

sandro.koch@ipms.fraunhofer.de

Fraunhofer Institute for Photonic  
Microsystems IPMS  
Maria-Reiche-Str. 2  
01109 Dresden, Germany  
www.ipms.fraunhofer.de



1 B. Kaiser et al., „The push-pull principle: an electrostatic actuator concept for low distortion acoustic transducers“, vol. 8, no. 1, p.125, 2022.  
2 H. A. G. Schenk et al., „Balanced electrostatic all-silicon mems speakers“, in Audio Engineering Society Convention 149, Audio Engineering Society, 2020.

Gefördert durch das Projekt „Tiefenanhebung bei hochintegrierten Silizium-basierten elektromechanischen Schallwandlern“, Förderkennzeichen 16ME0362K und 16ME0828K in Kooperation mit dem Projektpartner Bosch Sensortec GmbH

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung