

Spionage mit dem Lasermikrofon

SOWAS 2017 – Gruppe J

Leon Bokel, Jonas Finke, Holger Schillack, Tim Schwabe

Betreuung: Lukas Pielsticker

Die Wechselwirkung von Materie und Wellen ist ein bekanntes Phänomen der Physik. Mithilfe eines Lasers soll ein Mikrofon gebaut werden, um Töne, die hinter einer Barriere ausgestrahlt werden, aufnehmen zu können. Hierbei soll der Einfluss der verwendeten Materialien und der Tonfrequenzen untersucht werden. Es soll deutlich werden, inwieweit dieser Aufbau dazu geeignet ist, Gespräche hinter einer Fensterscheibe abzuheören. Um die Funktionsfähigkeit des Aufbaus unter realistischen Bedingungen zu testen, wird zunächst ein auf einen Lautsprecher geklebter Spiegel und später eine dünne Folie oder Glasscheibe verwendet.

Grundlagen

Der Versuch basiert auf der Umwandlung von Schall in ein elektrisches Signal. Schall ist eine sich in Luft longitudinal ausbreitende wellenförmige Druckänderung, die der Wellengleichung $\Delta p = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2}$ gehorcht. Sie verursacht Deformation und Translation fester Körper. Trifft eine Schallwelle auf eine eingespannte Membran, tritt eine erzwungene Schwingung auf, d.h. die Membran wird abhängig von der Schallfrequenz unterschiedlich stark ausgelenkt. Ein Schallsignal, bestehend aus verschiedenen Frequenzen, wird bei der Übertragung auf eine Membran verzerrt. Die Schwingung der Membran wird durch einen Laser abgetastet. Die Membran wird vom Zeitpunkt t_1 um Δl zum Zeitpunkt t_2 ausgelenkt und der Strahlenverlauf um $2d$ verlängert. Dabei ergibt sich für die Ablenkung gemäß Abb. 1 $\alpha = \frac{2 \sin(\pi - \alpha) \Delta l}{\sin \alpha}$. Dieses Modell ist eine Idealisierung, da sich, insbesondere bei höheren Intensitäten, die eingespannte Membran krümmt.

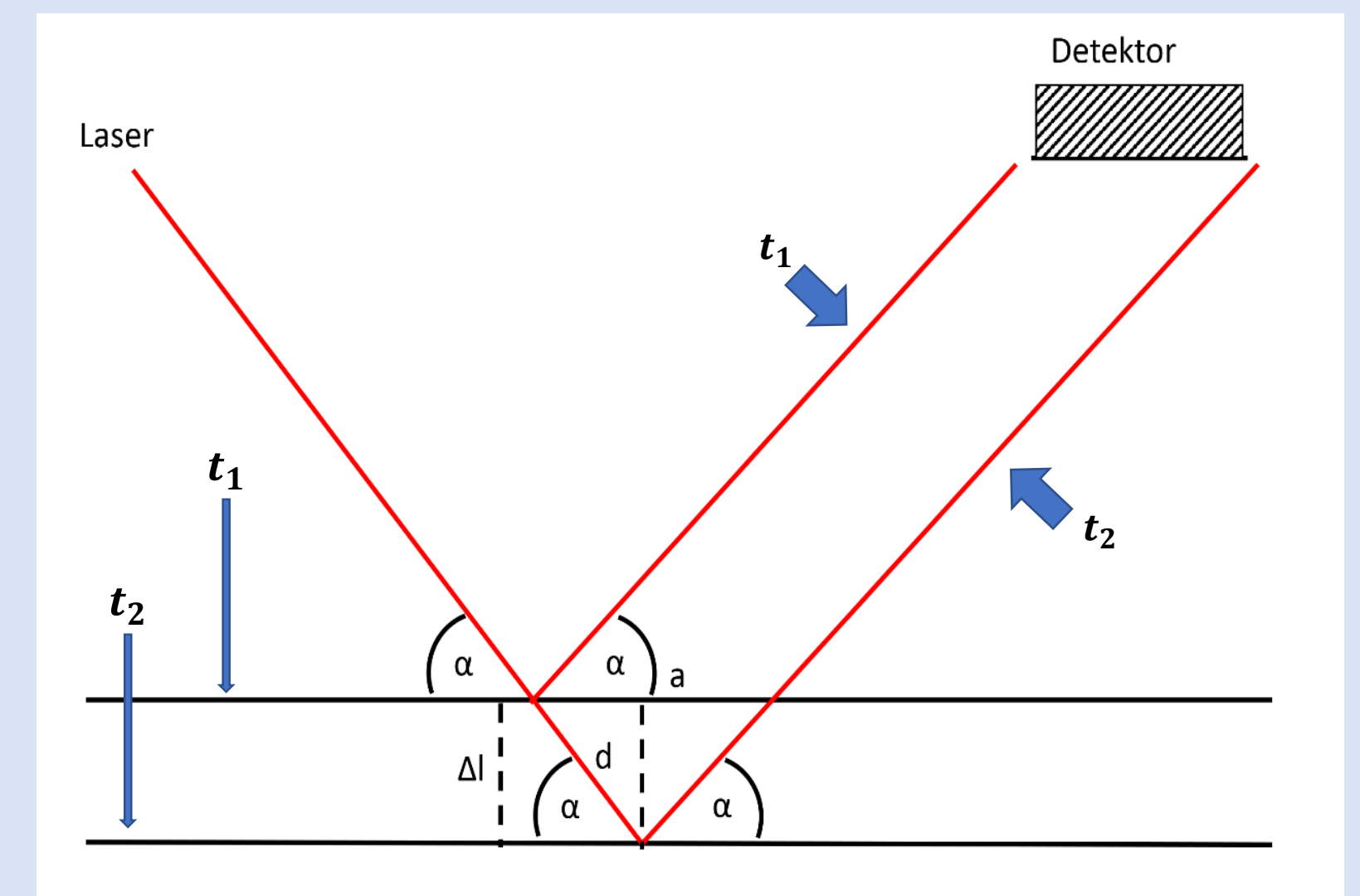


Abb. 1. Skizze des Strahlengangs

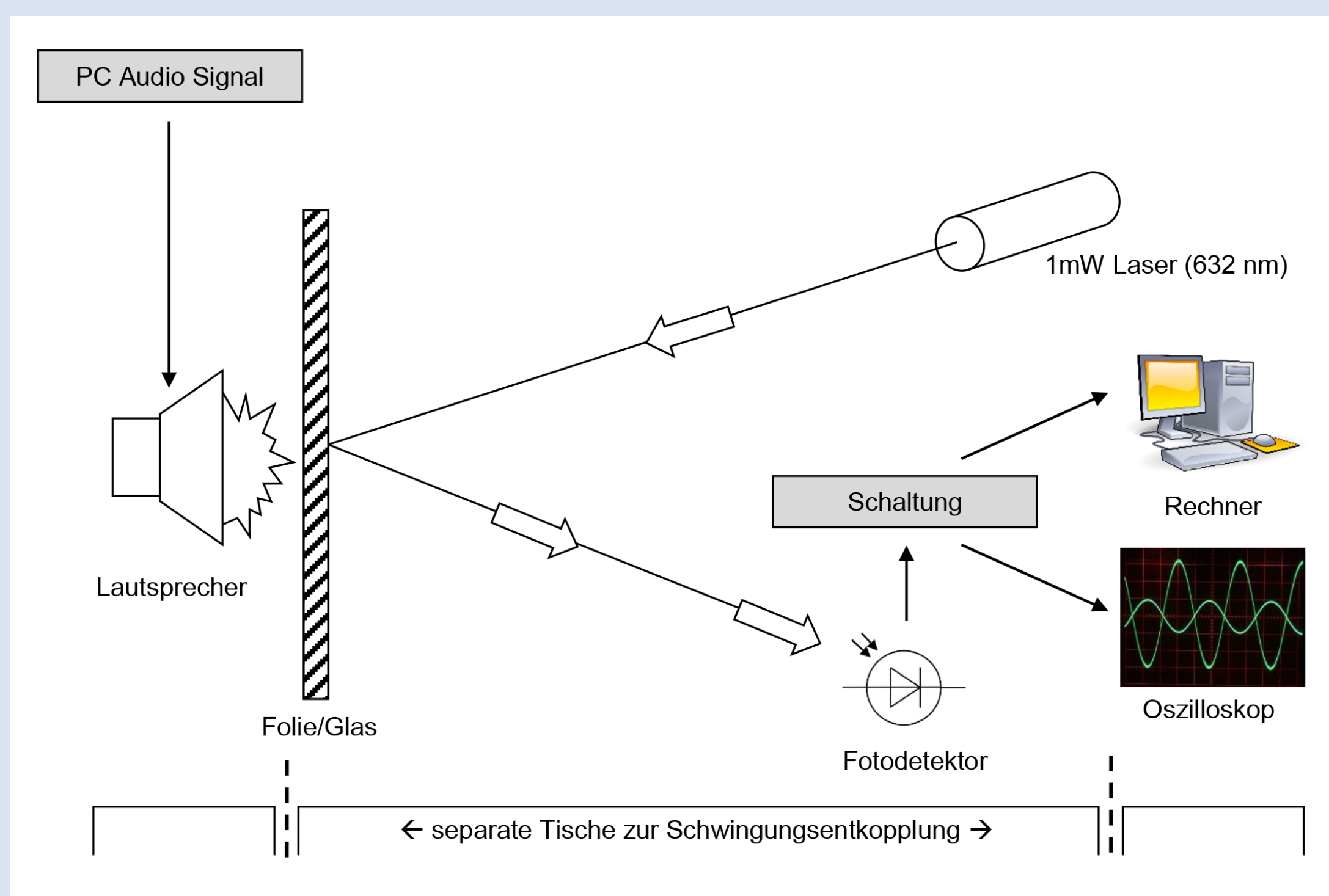


Abb. 2. Versuchsaufbau

Experiment

Der Versuchsaufbau (s. Abb. 2) enthält eine Laserlicht-Quelle, deren Licht auf eine reflektierende Membran strahlt und dessen Reflexion mit einem Fototransistor detektiert wird. Die Membran wird durch einen Lautsprecher in Schwingung versetzt. Die Bauteile werden mit Hilfe von Stativen so montiert, dass sie präzise ausgerichtet werden können. Zur Minimierung von ungewollten Schwingungen des Aufbaus werden alle Bauteile auf verschiedene Tische gestellt. Als Lichtquelle wird ein 1mW Laser ($\lambda = 632 \text{ nm}$) benutzt. Die Signalquelle des aktiven Lautsprechers ist ein Laptop. Die reflektierenden Materialien (Aluminiumfolie, Lautsprechermembran (LM), Glas) werden im Strahlengang fixiert. Der detektierende Fototransistor ist an ein Oszilloskop bzw. an den Mikrofoneingang eines Laptops angeschlossen und seine Ausgangsspannung wird gemessen. Zur Datenaufnahme werden sowohl ein USB-Oszilloskop als auch ein Windows-Audiorekorder verwendet.

Auswertung & Ergebnisse

Die Messdaten bestehen aus einem Sinussignal mit wachsender Frequenz (Sweep) und einem Sinussignal mit fester Frequenz für alle Materialien, sowie Tonaufnahmen an Spiegel und Alufolie. Mittels einer Fourieranalyse wurden aus den Sweeps Frequenzspektren erzeugt (s. Abb. 4). Mithilfe des Lasermikrofons konnten auch Resonanzfrequenzen der Bauteile ermittelt werden und diese aus den Spektren entfernt werden.

Außerdem wurde der Sweep (Abb. 4.1) anhand des Spektrums der Eingangsamplitude (Abb. 4.2) normiert (Abb. 4.3).

Mittels „Q-Base“ (Audioanalyseprogramm) fand die Bereinigung der festen Sinusse statt, indem Störsignale aus dem Spektrum entfernt wurden. Die bearbeiteten Daten weisen im Vergleich mit dem Eingangssignal nur geringe Abweichungen bzgl. der Frequenz auf (vgl. Abb. 3 und 5). Die Amplitude hingegen zeigt Abweichungen auf, wird aber durch Signalbearbeitung optimiert.

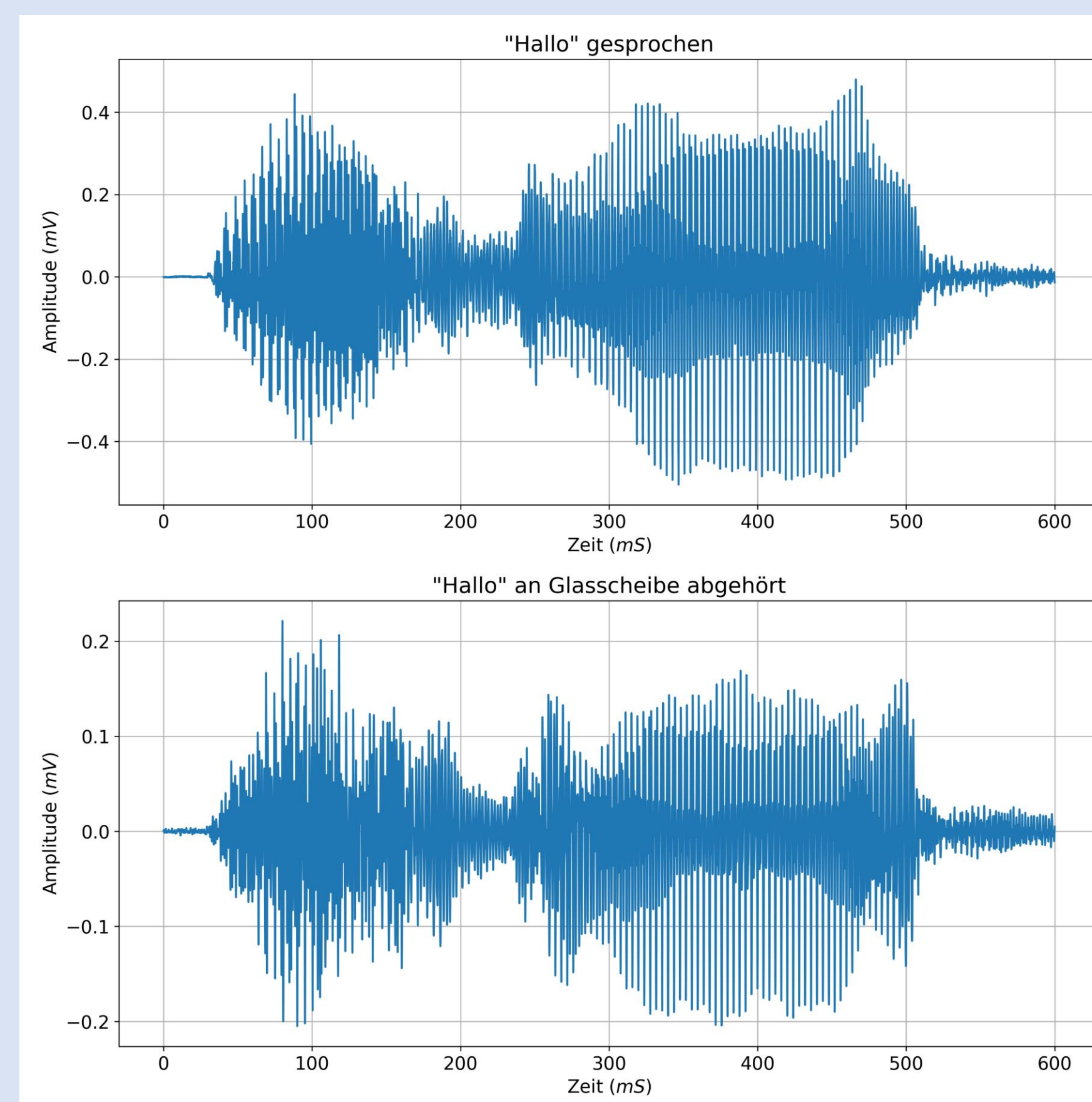


Abb. 3. Vergleich von Quelle und Messung

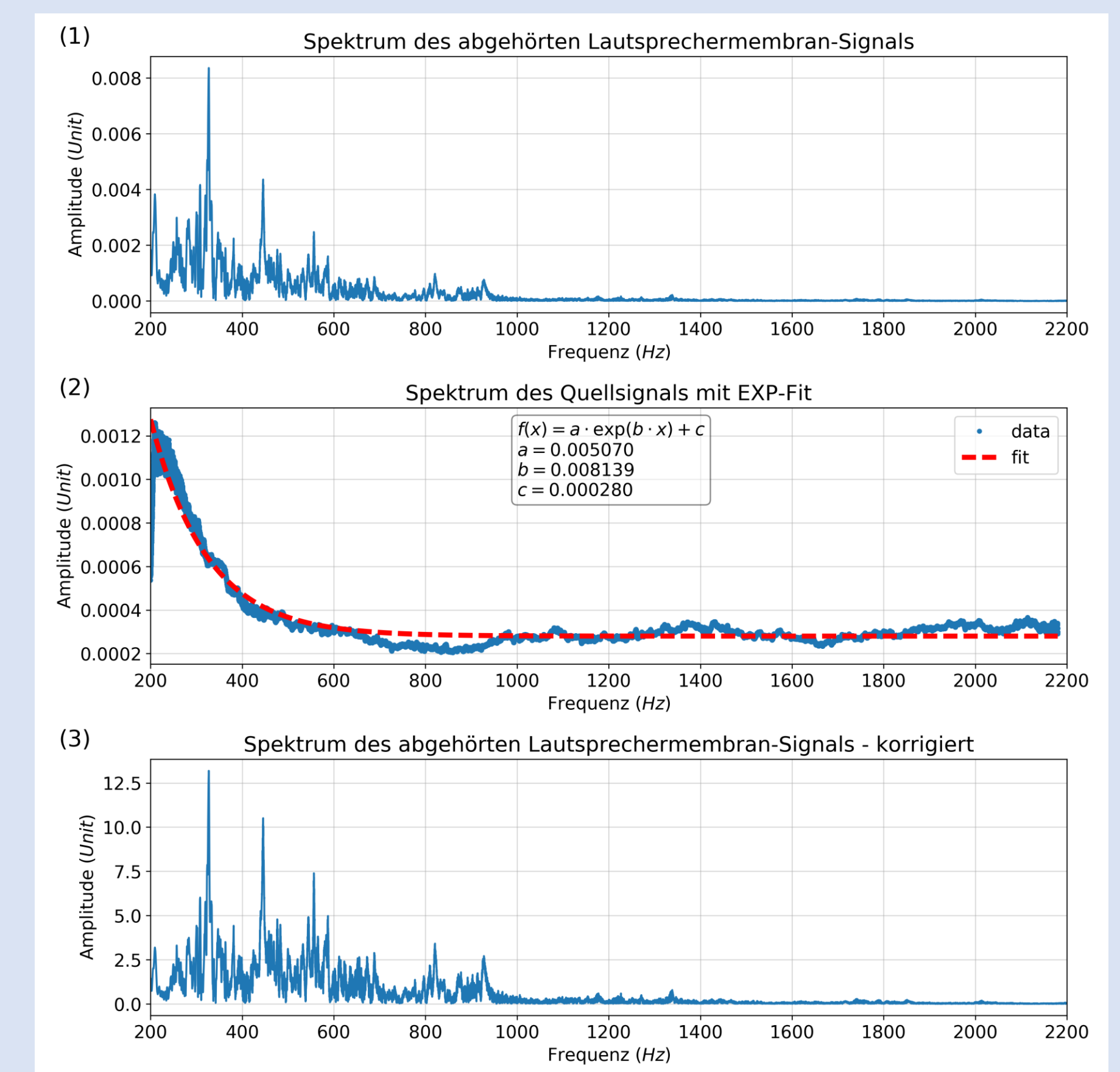


Abb. 4.1. – 4.3. Spektrum und Korrektur

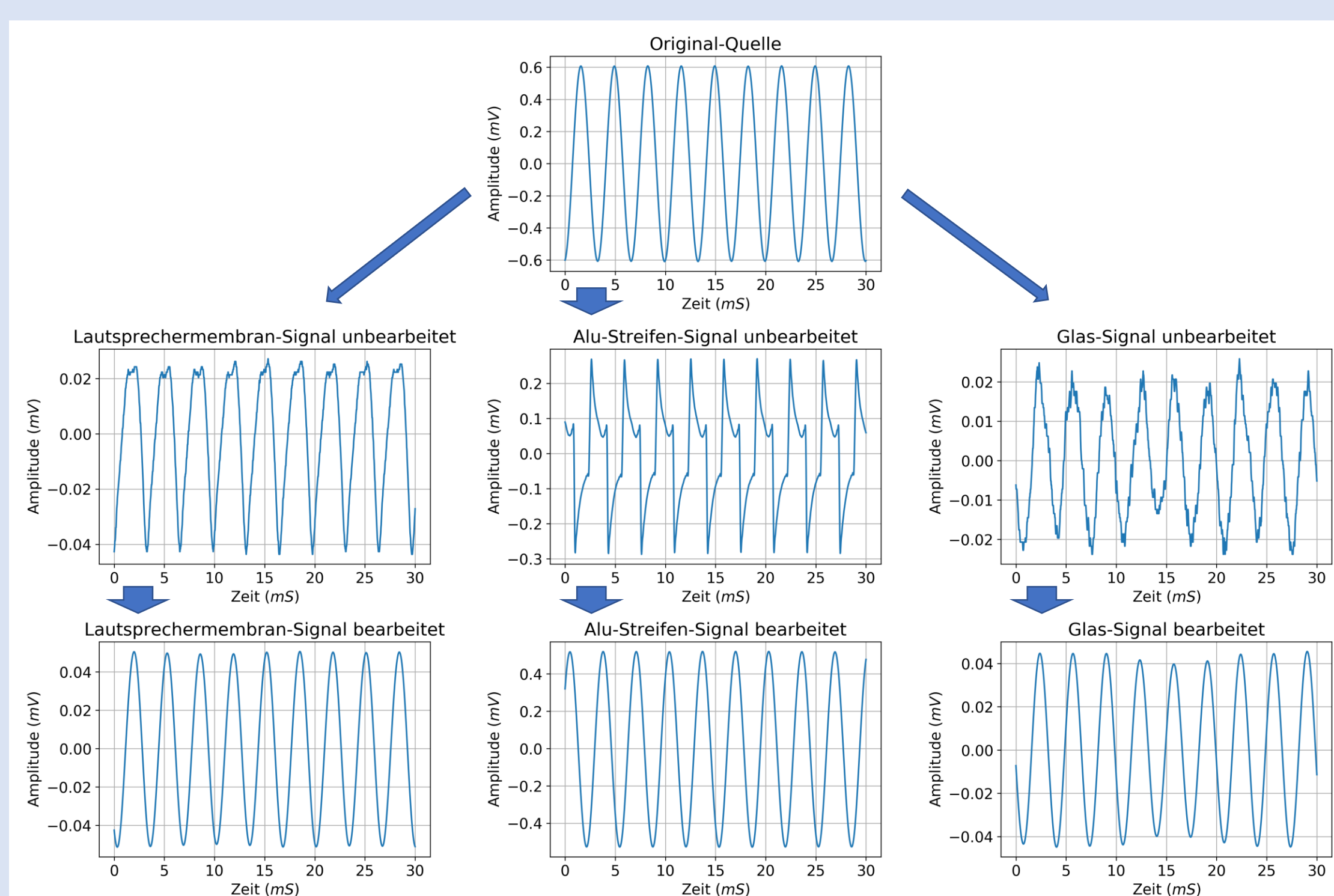


Abb. 5. Materialvergleich bei einem 300Hz Sinussignal

Fazit

Es hat sich gezeigt, dass es mit dem vorgestellten Aufbau möglich ist Gespräche und Töne, die hinter einer Glasscheibe erzeugt werden, mit einem Laser abzutasten und wieder in Töne umzuwandeln. Die Qualität ist dabei zum Abheören der Gespräche hinreichend gut. Die beschriebenen Analyseverfahren können perspektivisch genutzt werden, um eine Datenbank verschiedener Membranen (dessen Material und Geometrie) und ein Programm zu erstellen, welches in Echtzeit die Resonanzen und Störsignale aus den Spannungssignalen filtert. Es muss beachtet werden, dass der Aufbau empfindlich gegenüber Umwelteinflüssen, z.B. Erschütterung und Wind, ist.



Unter der Adresse dieses QR-Codes finden Sie die Homepage zum Versuch und können u.a. Audiodateien abrufen.

Link: <http://meastw1337.ddnss.de/sowas/>