

DustEar

Weiterentwicklung einer akustischen Messmethode zur Erkennung feiner Partikel

Wie sich Feinstaub oder Asbest bewegt und wo genau es sich z.B. in der Lunge absetzt, hängt von seiner Geometrie, Masse und Grösse ab. In der Regel werden diese Eigenschaften mit optischen

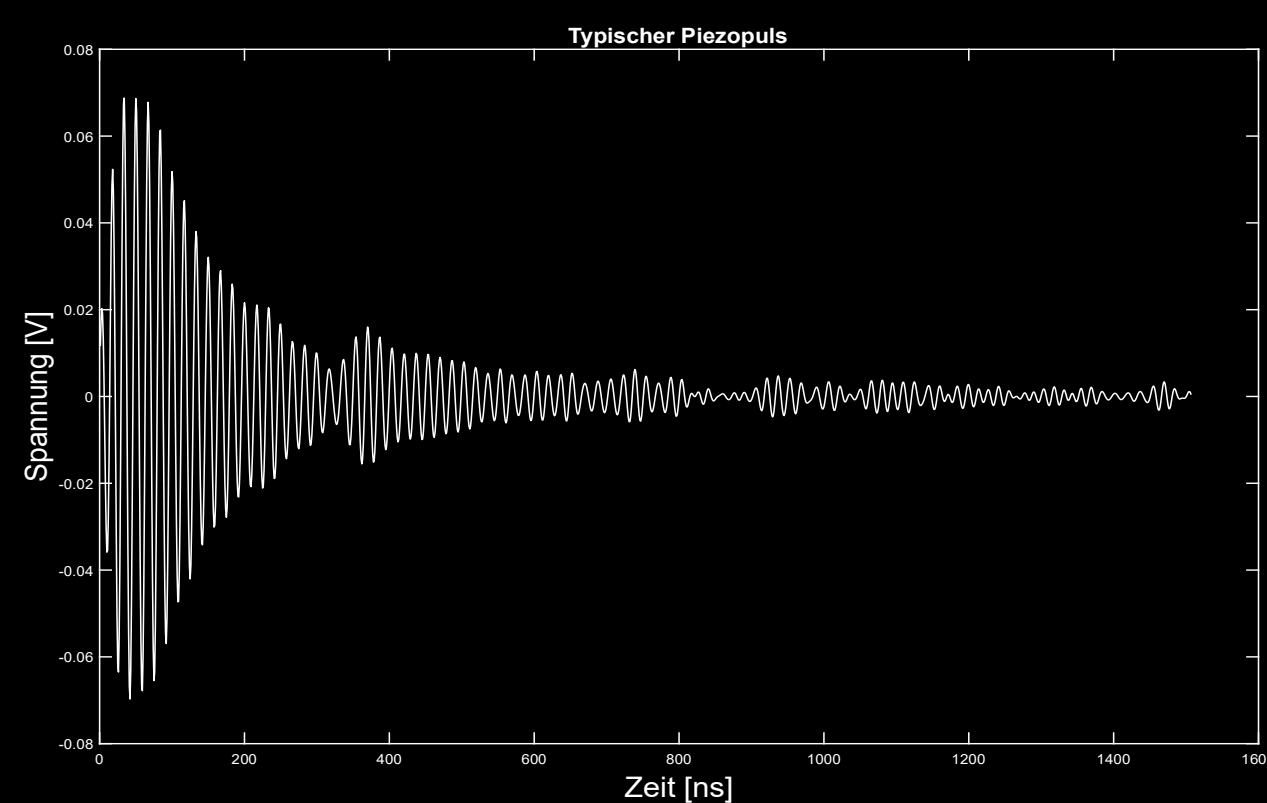
Methoden, sprich Lasern, charakterisiert. Das ist aufwändig und teuer. Der DustEar nutzt einen günstigen Piezokristall, der wie ein Mikrofon einzelne Partikel detektiert und charakterisieren kann.

Messprinzip

Die Partikel werden in einer langen Düse durch schnell fließende Luft beschleunigt, und mit einer Geschwindigkeit v_p auf einen Piezokristall geschossen. Die Messmethode ist akustisch weil der Impulsübertrag beim Aufprall auf den Piezo, wie bei einem Mikrofon, eine Schwingung und so eine messbare Spannung U erzeugt. Schwere Partikel erzeugen grössere, leichtere Partikel kleinere Spannungen.

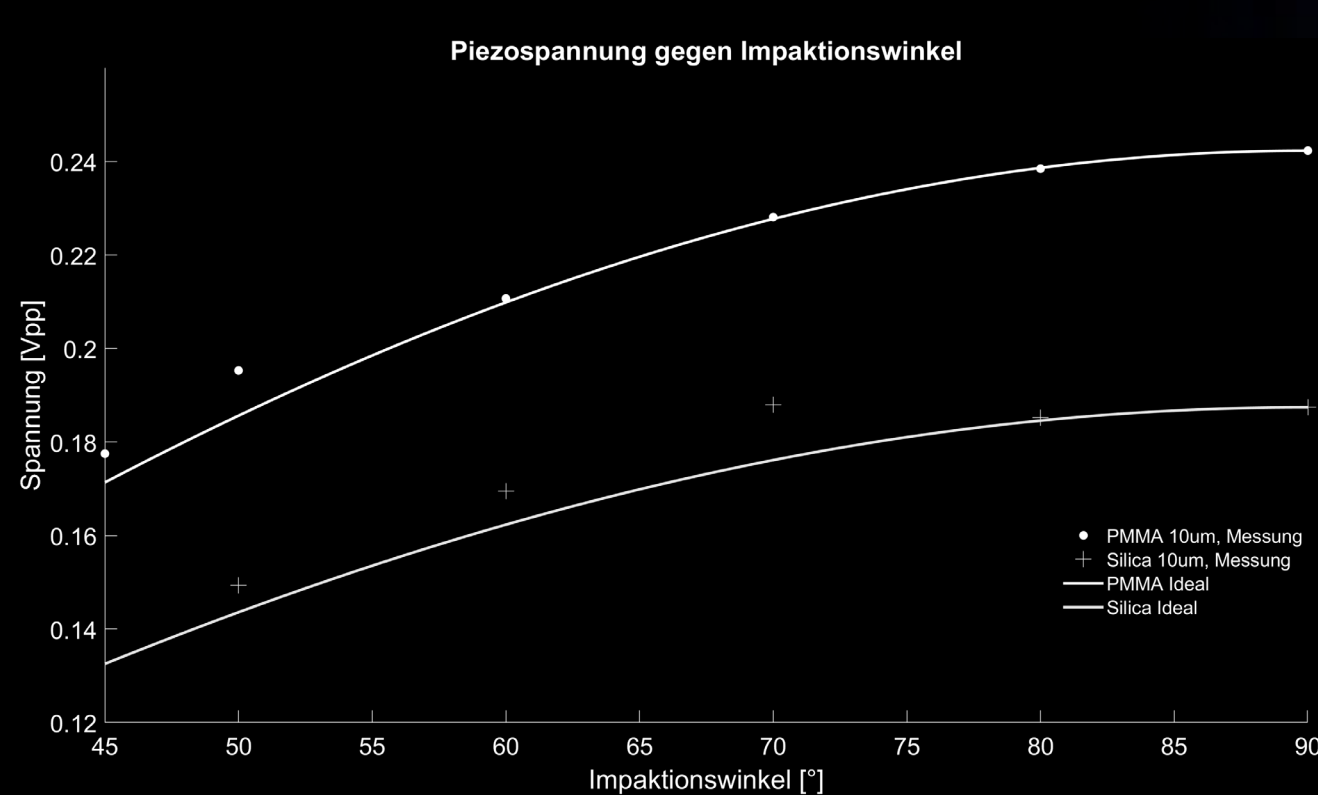
$$U = Z \cdot d_{33} \cdot d_{p,a}^3 \cdot \sqrt{\frac{\rho_0^3}{\rho_p}} \cdot \frac{4}{3} \cdot v_p \cdot f_{res}^2$$

Das Resultat ist eine abfallende Schwingung deren maximale Amplitude in Verhältnis zur Masse des Partikels:



Winkelabhängige Impaktion

Die gemessene Spannung hängt unter anderem davon ab, ob Partikel elastisch oder inelastisch aufprallen. Ob das eine, das andere oder vielleicht eine Mischung aus beidem vorliegt, war bisher ungewiss. Speziell ein Gemisch aus beidem oder ein plötzlicher Wechsel, macht die Interpretation aller weiteren Messergebnisse schwierig. Die Möglichkeit, die Partikel in einem Winkel aufprallen zu lassen, provoziert einen elastischen Aufprall, was zu vorhersehbareren Messungen führt.



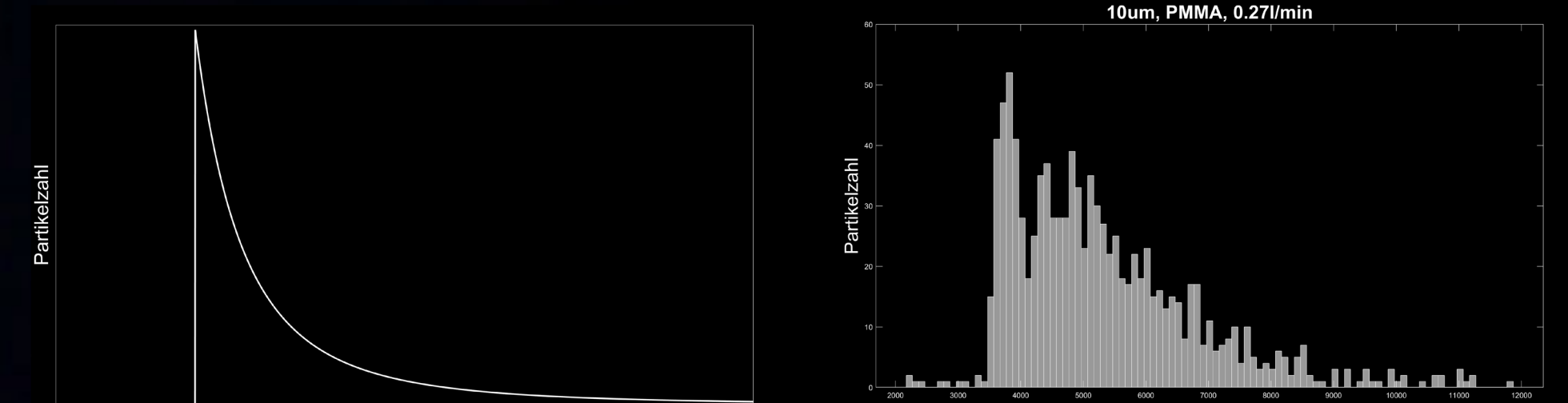
Die gemessenen Spannungen verlaufen mit änderndem Aufprallwinkel wie erhofft entlang eines Cosinus-Verlaufs. Dies spricht für eine einheitliche Art des Aufpralls ohne Mischung oder Wechsel zwischen elastisch und inelastisch.

Partikel-Laufzeiten

Partikel brauchen eine gewisse Zeit bis sie die Beschleunigungsstrecke durchquert haben. Wird diese gemessen, können dort Informationen zum Durchmesser des Partikels gefunden werden.

$$\tau = \frac{\rho_0 d_a^2 C_c}{18\eta}$$

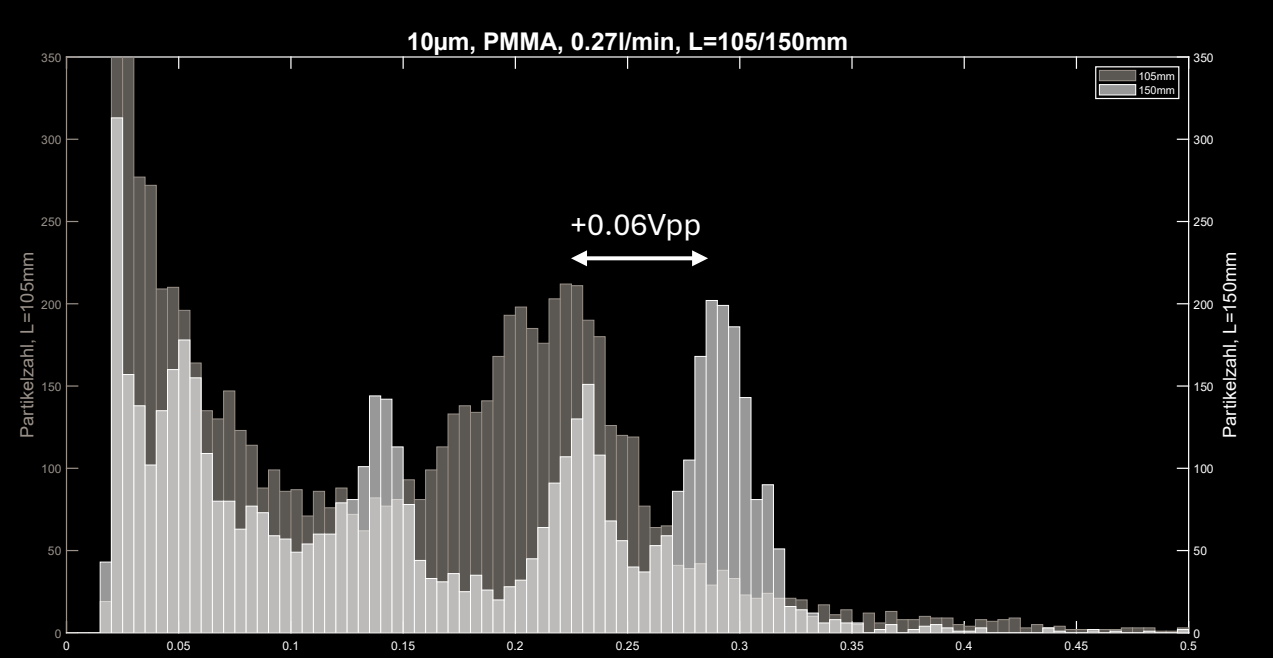
Um zu Verstehen, wie sich die Partikel in der Strömung verhalten, wurde Statistik über viele Partikel geführt, um die nötigen Zusammenhänge zu machen. Da es sich im Rohr um eine laminare Innenströmung handelt, sind die Luftgeschwindigkeiten, Partikelbeschleunigungen und somit Laufzeiten nicht alle gleich. Theoretisch müssten sich die ergebenden Laufzeiten wie folgt mit einer t^3 Verteilung zeigen.



Die Messungen bestätigen die grundsätzliche Überlegung, jedoch gibt es noch einige unerwartet Beobachtungen wie Unübereinstimmungen vom Verlauf gemäss Trägheit sowie Bimodalitäten trotz monodisperser Partikel.

Endgeschwindigkeiten

In der Beschleunigungsstrecke beschleunigen die Partikel, so dass sie am Düsenaustritt die gleiche Geschwindigkeit wie die umliegend fließende Luft haben. Die aktuelle Länge der Strecke sollte dies rechnerisch zulassen. Offenbar scheint dies bei schweren Partikeln nicht der Fall zu sein. Diese erscheinen leichter als sie eigentlich sind.



Eine Verlängerung der Beschleunigungsstrecke hat den gewünschten Effekt erzielt, dass schwere Partikel bei längerer Beschleunigungsstrecke und sonst gleichen Einstellungen nun höhere Spannungen erzielen. Eine Verbesserung, aber noch nicht optimal.

Aussichten

Damit über einzelne Partikel eine genaue Aussage gemacht werden kann, sind noch zu viele Punkte ungeklärt. Die Erkenntnisse, die entstanden sind, konnten den Aufbau jedoch ein ganzes Stück vorantreiben. Gerade die Laufzeitmessungen haben tieferen Einblick

in das Verhalten der Partikel im Aufbau gegeben. Die nächsten Schritte sind die noch ungeklärten Phänomene, welche in den Laufzeitmessungen beobachtet werden, zu erklären und dann eine Herleitung zu finden, mit der direkt auf den Durchmesser der Partikel geschlossen werden kann.

SCAN ME

