

# Ultraschall-Piezoelemente kennen unzählige Anwendungen

Vom Sonar bis zum Schweißgerät



Als Ultraschall bezeichnet man Schall mit Frequenzen oberhalb des menschlichen Hörfrequenzbereichs, also ab etwa 16 kHz. Medizintechnik aber auch Industrie und Forschung nutzen diesen Frequenzbereich in vielerlei Hinsicht. Das Spektrum medizintechnischer Anwendungen reicht vom Pumpen und Dosieren bis hin zur Diagnostik und Therapie. Zum Erzeugen und Detektieren der Ultraschallwellen bieten piezoelektrische Keramiken beste Voraussetzungen. Sie lassen sich praktisch in beliebigen Formen preisgünstig fertigen und bieten so für die unterschiedlichen Anwendungen maßgeschneiderte Lösungen.

Piezoelektrische Materialien können bei Kräfteinwirkung eine elektrische Spannung erzeugen (Piezoeffekt) oder unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes ihre Abmessungen verändern (inverser Piezoeffekt). Sie wandeln mechanische in elektrische Energie um und umgekehrt, man spricht hier auch von piezoelektrischen Wandlern oder Transducern. Während sich der direkte Piezoeffekt für sensorische Anwendungen nutzen lässt, bietet sich der inverse Piezoeffekt für die Realisierung von Aktoren an. Die Bewegung beruht dabei ausschließlich auf Festkörpereffekten, d. h., sie ist reibungs- und verschleißfrei. Piezos erzeugen außerdem keine Magnetfelder und werden auch nicht von solchen beeinflusst.

## Frequenzen und Amplituden

Das Erzeugen und Detektieren von Ultraschall ist die klassische Piezo-Anwendung, denn beim Anlegen einer Wechselspannung beginnt das Piezoelement zu schwingen. Die kurzen Ansprechzeiten und die hohe Dynamik dieser Bewegung kommen der Ultraschallerzeugung natürlich ebenfalls entgegen. Die Piezoelemente von PI Ceramic arbeiten mit Frequenzen von bis zu 20 MHz und eignen sich damit für eine Vielzahl von Ultraschallanwendungen. Diese lassen sich grob klassifizieren in zumeist sensorische Anwendungen für Frequenzen bis 20 MHz und Leistungs-Ultraschall, bei dem die Energiedichten höher sind.

Dadurch verrichten die Piezoelemente dann beachtliche mechanische Arbeit, z. B. bei der Nierensteinzertrümmerung und Zahnsteinentfernung, für Reinigungsbäder aber auch beim industriellen Schweißen oder Bonden. Die typischen Frequenzen des Leistungs-Ultraschalls liegen dabei zwischen 20 und 800 kHz.

## Flexibilität bei den Bauformen

Bei Piezokomponenten sind neben der auf die jeweilige Applikation bezogene Materialauswahl, unterschiedliche geometrische Varianten und Resonanzfrequenzen realisierbar (Abb. 1), Bauelemente wie Dickenschwinger in Scheiben- bzw. Plattenform, Piezo-Ringscheiben, Piezorohre und Scherelemente mit Standardabmessungen können auf Basis vorrätiger Halbzeuge sehr kurzfristig geliefert werden.

Über die Standardabmessungen hinausgehende Geometrien sind auf Anfrage ebenfalls erhältlich. Außerdem sorgt PI Ceramic für die Integration in das endgültige Produkt. Dazu gehören sowohl die elektrische Kontaktierung der Elemente nach Kundenvorgaben als auch die Montage in bereitgestellte Bauelemente, das Verkleben oder der Verguss der Ultraschallwandler.

Für Durchfluss-, Füllstand- und Kraft- oder Beschleunigungsmessung werden kundenspezifische Sensorkomponenten hergestellt, die sich einfach in die jeweilige Applikation integrieren lassen.



Abb. 1 Bei Piezoelementen sind unterschiedliche Varianten realisierbar, die die Anpassung an die jeweilige Anwendung ermöglichen: z. B. Rohre, Scheiben, Bieger, Scherelemente oder Translatoren

## Anwendungsbeispiele aus der Praxis

Die Anwendungsgebiete piezokeramischer Bauelemente sind breit gefächert. Die Ultraschall-Laufzeitmessung nutzt dabei sowohl den direkten als auch den inversen Piezoeffekt. Ein typischer Anwendungsfall für die Laufzeitmessung ist die Messung von Füllständen.

Der Piezowandler arbeitet als Sender und Empfänger. Er sendet einen Ultraschallimpuls aus, der vom Füllmedium reflektiert wird. Die benötigte Laufzeit ist ein Maß für den zurückgelegten Weg im leeren Behälterteil. Bei der Durchflussmessung basiert auf der Laufzeitdifferenz bei wechselseitigem Senden und Empfangen von Ultraschallimpulsen in und gegen die Strömungsrichtung (Abb. 2). Dabei werden zwei Piezowandler, die sowohl als Sender als auch als Empfänger arbeiten, in einer Schallstrecke schräg zur Strömungsrichtung angeordnet.

Arbeitet man nach dem Prinzip des Doppler-Effekts, wird die Phasen- bzw. Frequenzverschiebung der von den Flüssigkeitspartikeln gestreuten bzw. reflektierten Ultraschallwellen ausgewertet. Die Frequenzverschiebung zwischen abgestrahlter und am gleichen Piezowandler empfangener, reflektierter Wellenfront ist proportional zur Strömungsgeschwindigkeit. Auf ähnliche Weise lassen sich viele andere Aufgabenstellungen effektiv lösen, z. B. Objekterkennungen oder hochauflösende Materialprüfungen.

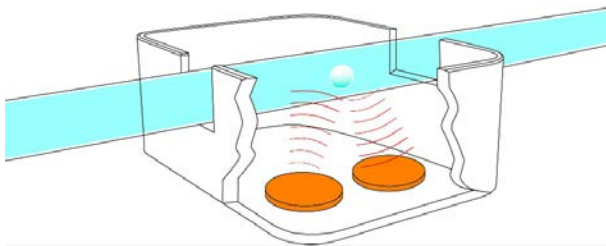


Abb. 2 Die Laufzeitmessung basiert auf dem wechselseitigen Senden und Empfangen von Ultraschallimpulsen in und gegen die Strömungsrichtung

Auch aus der Medizintechnik lassen sich die Piezoelemente nicht mehr wegdenken. Neben Laufzeitmessungen wie in der Luftblasendetektion finden sich typische Anwendungen beim Pumpen und Dosieren.

Die Dosiermengen reichen vom Mikro- und Nano- bis in den Picoliterbereich. Dabei überzeugen die piezobasierten Mikrodosiersysteme durch ihre minimalen Abmessungen, ihren geringen Energieverbrauch und niedrige Kosten. Ähnliches gilt für Geräte zur Aerosolerzeugung (Abb. 3), bei denen ein Piezo-Element eine Membran zu Ultraschallschwingungen anregt. Die Frequenz beträgt ca. 35 kHz. Durch die daraus resultierenden Druckänderungen an der Membran wird das Fluid durch Löcher in der Membran gepresst und so zerstäubt.

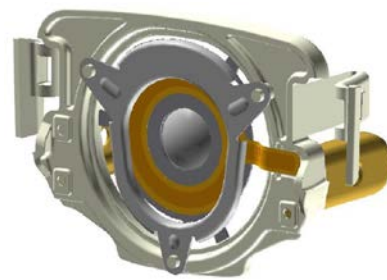


Abb. 3 Der Piezoring ist direkt mit dem Metallring der Membran verklebt. Beim Anlegen der Wechsellspannung schwingt das Piezoelement mit einer Frequenz von ca. 35 kHz (Pari Pharma/PI)

Weitere interessante Anwendungsgebiete liegen im Bereich des Leistungs-Ultraschalls. Im industriellen Umfeld gelten das Ultraschallschweißen vornehmlich von Kunststoffen und das Bonden von Drähten in der Chipfertigung als preisgünstige, effiziente Lösung. Eine andere industrielle Anwendung ist die Ultraschallreinigung, auch in der Mikrosystemtechnik und Halbleiterfertigung (Abb. 4).



Abb. 4 Hochfrequente Ultraschall-Reinigungssysteme bieten eine wirkungsvolle Unterstützung bei Reinigungs-, Ätz- und Entwicklungsprozessen (Sonosys Ultraschallsysteme GmbH)

Ultraschallgetriebene Werkzeuge ermöglichen heute minimalinvasive Operationstechniken ebenso wie die Zahnsteinentfernung (Abb. 5). Mit hochenergetischen Stoßwellen lassen sich Nierensteine zertrümmern.



Abb. 5 Werkzeug für die Zahnsteinentfernung mit Ultraschall (OEM-Produkt). Die Piezoscheiben sind deutlich erkennbar (Bild: PI)

## Ultraschallreinigung in der Mikrosystemtechnik und Halbleiterfertigung

Kleinste Strukturen nicht zu zerstören ist eine Herausforderung für Reinigungssysteme, die auf Mikroebene arbeiten. Ultraschall-Systeme, die mit Arbeitsfrequenzen zwischen 700 kHz und 3 MHz arbeiten, bieten hierfür die besten Voraussetzungen (Abb. 6).

Mit ihnen lassen sich Schmutzpartikel im Nanometerbereich zuverlässig entfernen, ohne dass die empfindlichen Oberflächen durch zu hohen Druck oder hohe Temperaturen beschädigt werden. Dabei ist die prinzipielle Funktionsweise einfach zu verstehen:

Das Ultraschallsystem besteht grundsätzlich aus drei Komponenten: dem elektronischen Ultraschall-Generator, dem Ultraschall-Schwinger/Transducer, also einem Piezoelement, und einer der Reinigungsaufgabe angepassten Flüssigkeit. Der Ultraschallgenerator wandelt die vom Netz gelieferte Wechselspannung von 50 beziehungsweise 60 Hertz (Hz) in eine Frequenz, die der Betriebsfrequenz des Transducers entspricht.

Die so gewonnene elektrische Energie setzt der Transducer in mechanische Schallschwingungen um, bringt also die ihn umgebende Flüssigkeit zum Schwingen. Jede Schwingung bewirkt in der Flüssigkeit abwechselnd eine Überdruck- und eine Unterdruckphase, je nachdem ob sich der Transducer ausdehnt oder zusammenzieht.

Während der Unterdruckphase entstehen in der Flüssigkeit infolge ihrer begrenzten Zugfestigkeit kleine Hohlräume, die in der Überdruckphase wieder zusammenfallen. Dieses Implodieren der so genannten Kavitationsblasen löst an den Flächen zwischen Flüssigkeit und Reinigungsgut die Schmutzpartikel.

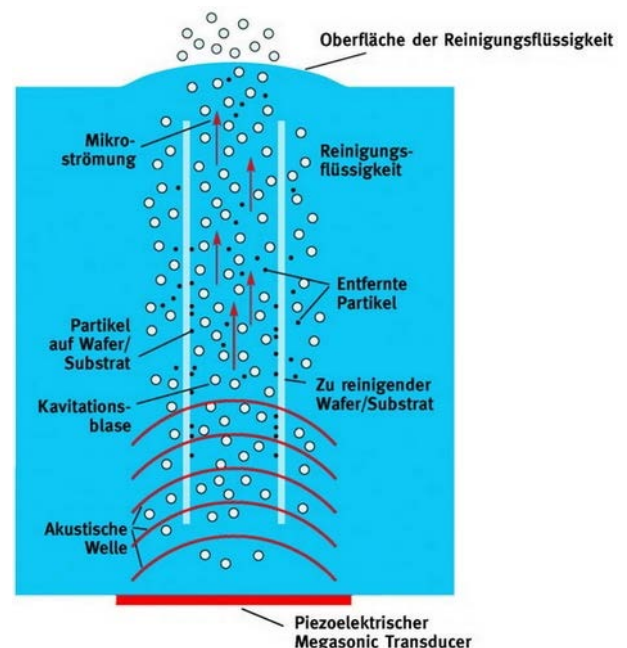


Abb. 6 Prinzip der Megasonic-Reinigung (Bild: Sonosys Ultraschallsysteme GmbH)

## Autor



Dipl.-Physiker Frank Möller, Vertrieb bei PI Ceramic

## Über PI Ceramic

PI Ceramic gilt als weltweit führendes Unternehmen auf dem Gebiet aktorischer und sensorischer Piezoprodukte. Große Erfahrung im komplexen Entwicklungs- und Herstellungsprozess funktionskeramischer Bauelemente verbunden mit modernster Produktionsausstattung gewährleisten hohe Qualität, Flexibilität und Liefertreue.

Prototypen und Kleinserien kundenspezifischer Piezobaugruppen stehen bereits nach kurzen Bearbeitungszeiten zur Verfügung. PI Ceramic besitzt darüber hinaus die Kapazitäten für die Herstellung mittlerer und großer Serien in automatisierten Linien. PI Ceramic ist ein Tochterunternehmen der Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG und hat seinen Sitz in Lederhose, Thüringen.



PI Ceramic GmbH in Lederhose, Thüringen