

# Zukunftstechnologie in der Medizintechnik

## Leistungsfähige Antriebs Elemente aus piezoelektrischen Materialien



Im Zuge der fortschreitenden Miniaturisierung in der Medizintechnik steigen die Anforderungen an die Komponenten ständig. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist allerdings die Wahl des passenden Antriebs. Piezobasierte Antriebslösungen sind bereits seit langem in der Halbleiterfertigung, Biotechnologie oder Messtechnik bewährt. Auch die Medizintechnik greift zunehmend darauf zurück - und muss nicht das Rad neu erfinden. Piezoelemente und Piezoaktoren sind hier ideal geeignet; sie erzeugen die benötigten Linearbewegungen sehr präzise und ohne Umweg und lassen sich obendrein perfekt an die jeweilige Applikationsumgebung anpassen. Beispielsweise kann man durch die geringe Größe nicht nur Laboranwendungen, sondern in wachsender Zahl auch mobile Lösungen verwirklichen, sei es in mobilen Messgeräten, tragbaren Labors oder Infusionsgeräten, oder auch in Therapiegeräten.

## Präzision und Zuverlässigkeit: Piezokeramische Vielfalt

Piezokeramische Aktoren und Antriebe haben viele Eigenschaften, die sie für zahlreiche der in der Medizintechnik üblichen Verfahren geeignet machen. Sie sind schnell, kompakt, prinzipiell vakuumkompatibel und magnetisch nicht zu beeinflussen. Ihre Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer sowie der geringe Energiebedarf machen sie hier zu einem idealen Antrieb (Abb. 1). Größe und Kraft wie auch Aktorhub und Positionsauflösung variieren je nach Anforderung.

Im praktischen Einsatz kommen aber noch weitere positive Eigenschaften zum Tragen. Piezoaktoren sind wartungsfrei, weil sie keine im klassischen Sinn bewegten Teile haben. Da die Bewegung auf kristallinen Festkörpereffekten beruht, gibt es keine rotierenden oder reibenden Mechaniken. Aktive keramische Komponenten wie piezokeramische Sensoren und Aktoren werden heute bereits häufig in der Medizintechnik eingesetzt, z. B. als Ultraschallerzeuger in der Zahnheilkunde oder zur Laserstrahl-Steuerung in der Augen- und Hautheilkunde bzw. in der Kosmetik.



*Abb. 1 Piezostapelaktoren in klassischer und Multilayer-Bauweise haben sich bereits in zahlreichen Anwendungsbereichen bewährt*

Die Firma PI Ceramic, Lederhose, bietet eine umfangreiche Produktpalette piezoelektrischer Komponenten in verschiedensten, auch kundenspezifischen Formen sowie Piezoaktoren mit und ohne Vorspannung in unterschiedlichen Größen (Abb. 2), die sich bereits in zahlreichen Anwendungsbereichen bewährt haben.



*Abb. 2 Piezoelemente von PI Ceramic. Da sich sehr unterschiedliche Designs realisieren lassen, findet sich praktisch für jede Aufgabenstellung eine maßgeschneiderte Lösung*

## Effiziente Aerosolerzeugung mit Piezoelementen

Zur Therapie von Atemwegserkrankungen werden die Medikamente häufig durch Vernebler direkt verabreicht. Klassischerweise zerstäubt dabei Druckluft die Inhalationslösung in feinste Tröpfchen. Eine alternative Methode ist die Erzeugung feinsten Tröpfchen mit Hilfe der Piezotechnologie. Speziell geformte Piezoscheiben wirken hier als Ultraschallwandler und regen eine mit mehreren tausend Löchern versehene Edelstahlmembran zu Ultraschallschwingungen mit über 100 Kilohertz an (Abb. 3). Dadurch werden besonders homogene Aerosole erzeugt. Dies bringt Vorteile für die präzise Dosierung – die hochwertigen Medikamente können gezielter verabreicht werden, was den Zugang zu neuen Therapiekonzepten ermöglicht. Auch das Risiko von Nebenwirkungen wird dadurch reduziert. Außerdem verringert die Piezotechnologie die benötigte Zeit für die Verneblung von Medikamenten um bis zu 50 % verglichen mit konventionellen Systemen, was gerade für Patienten mit chronischen Atemwegserkrankungen einen Zugewinn an Lebensqualität bedeutet.



Abb. 3 Die Aerosolerzeugung im Verneblerkopf der eFlow® rapid Electronic Nebulizer Serie basiert auf einer perforierten Edelstahlmembran, die von einer ringförmigen Piezoscheibe zu Ultraschallschwingungen angeregt wird (Pari Pharma GmbH)

Auch die speziellen Hygieneanforderungen, die der Einsatz in der Medizintechnik mit sich bringt, meistert die Piezokeramik; die Aerosolerzeuger sind für die professionelle Sterilisation in Autoklaven geeignet. Der Ultraschallbetrieb ist für den Menschen geräuschlos, und

der geringe Energiebedarf der Piezokomponente ermöglicht auch den Batteriebetrieb.

## Piezoelektrische Antriebe in der Mikrofluidik

Geringste Mengen und Volumina von wenigen Mikro- oder sogar Nanolitern gezielt zu dosieren, ist nicht trivial. Mikropumpen oder -ventile, auch Mikrodispenser genannt, bieten hier die Lösung. Piezoelemente oder Piezoaktoren sind als Pumpenantrieb ideal geeignet; sie erzeugen die benötigten Linearbewegungen sehr präzise und lassen sich obendrein perfekt an die jeweilige Applikationsumgebung anpassen.

Für den Transport von Flüssigkeiten oder Gasen werden beispielsweise Mikro-Membranpumpen verwendet, bei denen das zu fördernde Medium durch eine Membran vom Antrieb getrennt ist (Abb. 4). Beeinträchtigungen der gepumpten Medien durch den Antrieb sind dadurch ausgeschlossen. Als Antriebssystem bieten sich bei den miniaturisierten Varianten dieses Pumpentyps hochdynamische Piezoelemente in Scheibenform an, die direkt auf einer Metallmembran appliziert werden.

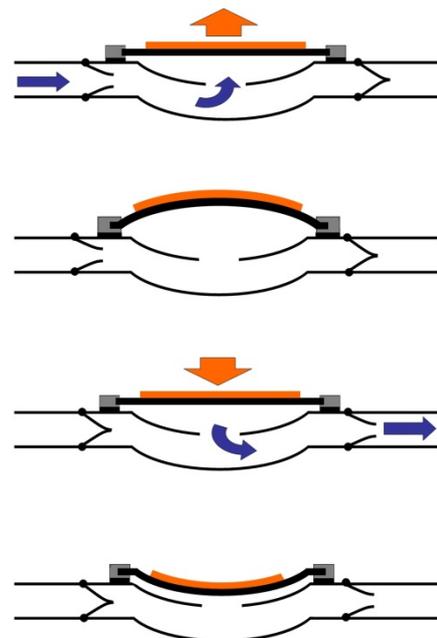


Abb. 4 Bei Mikro-Membranpumpen steuern passive Ein- und Auslassventile die Pumprichtung. Der Platzbedarf dieser Antriebslösung ist äußerst gering

Typische Spezifikationen für solche Mikro-Membranpumpen sind beim Dosieren von Flüssigkeiten z. B. eine Flussrate bis ca. 80 ml/min bei Schaltfrequenzen zwischen 25 und 120 Hz und einem potentiellen Gegendruck von 200 bis 500 mbar. Bei der Dosierung von Gasen liegen die Werte bei 0,1 bis 250 ml/min, 100 bis 500 Hz und 100 mbar. Damit sind die Anwendungsmöglichkeiten breit gestreut. Sie reichen von Labor- und Medizintechnik, wo sie in der Analytik zum Transport der Reagenzien oder auch zum Abtransport von Reaktionsgasen eingesetzt werden können, über Chemie und Pharmazie bis hin zum Maschinenbau, wo Schmier- oder Kühlmittel sehr genau und dezentral eingebracht werden können.

Wegen ihrer kompakten Abmessungen sind diese Dosiervorrichtungen auch für sogenannte Lab-on-a-chip Anwendungen geeignet (Abb. 5). Zuverlässige Analysen mit kleinsten Mengen z. B. im Forschungsbereich oder Routineuntersuchungen vor Ort können damit schnell und sicher ausgeführt werden.



Abb. 5 Spezifische Piezoscheiben ermöglichen die präzise Dosierung von Flüssigkeiten und Gasen mit der Mikropumpe von ThinXXS. Die entsprechende Regelung sorgt auch bei Gegendruck für hohe Förderraten, indem die Schaltfrequenzen oder die Amplitude der Piezoauslenkung variiert werden (thinXXS Microtechnology AG)

## Ultraschall-Mikroantrieb für Dosierventile

Dosieraufgaben können nicht nur mit gängigen Membranpumpen ausgeführt werden; wo zähere Flüssigkeiten, die höhere Kräfte erfordern, zu dosieren sind, werden gerne Mikroventile verwendet. Je nach Tropfengröße und damit erforderlichem Membranhub kann der Antrieb hier direkt mit Piezoaktoren oder mit Hilfe hebelübersetzter Systeme erfolgen (Abb. 6).

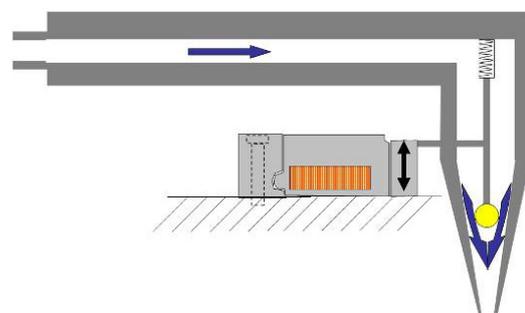


Abb. 6 In Mikroventilen, insbesondere wenn viskose Flüssigkeiten mit tendenziell höheren Druckkräften verarbeitet werden, können Translationsaktoren mit und ohne Vorspannung eingesetzt werden, wo größere Hübe des Ventilstößels benötigt werden, auch mit Hebelübersetzung

Alternativ übernehmen Piezomotoren diese Aufgabe: Sie bieten alle Vorteile der Piezotechnologie wie geringen Platz- und Energiebedarf, und verbinden diese mit dem längeren Stellbereich eines Linearmotors. Zudem muss der Antrieb nicht mit Energie versorgt werden, um die Position zu halten, er erwärmt sich daher nicht und zeigt auch kein Positionsrauschen. Speziell für die Mikrodosierung sind Ultraschall-Kleinstmotoren mit Abmessungen von wenigen Milli- bis Zentimetern geeignet. Trotz der geringen Abmessungen handelt es sich um ausgereifte Stellsysteme, deren bewegter Träger direkt von einer schwingenden Keramik angetrieben wird. Der Motor passt damit in nahezu jeden Bauraum (Abb. 7).

Neben Dosieraufgaben ist dieser robuste Kleinstmotor für mechanische Manipulationen aller Art, das Positionieren kleiner Objekte oder auch das Betätigen von Schaltern hervorragend geeignet.

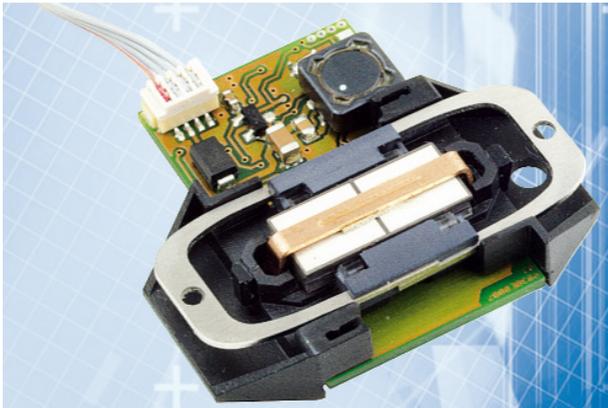


Abb. 7 Voll funktionsfähig auf kleinstem Raum: Der Kleinst-Piezomotor ist direkt auf der Treiberelektronik-Platine montiert, mit hervorragenden Leistungsmerkmalen: 100 mm/s Geschwindigkeit, 4 mm Stellweg, 0,7 N Kraft bei minimaler Leistungsaufnahme

## Vorteile und Eigenschaften von Piezoelementen

Piezoelektrische Materialien wandeln elektrische Energie direkt in mechanische um und umgekehrt. Dieser piezoelektrische Effekt wurde im Jahre 1880 durch die Gebrüder Curie entdeckt. Für die Positionierung von großer Bedeutung ist die Bewegung, die entsteht, wenn eine elektrische Spannung an ein piezoelektrisches Material angelegt wird. Aktoren, die auf dem Piezoeffekt basieren, bewegen sich im Sub-Nanometerbereich mit hoher Dynamik (Abb. 8).

Dabei sind Resonanzfrequenzen bis weit in den Kilohertzbereich möglich, bei Auslenkungen von bis zu einem Millimeter und gleichzeitig sehr hoher Positionsaufösung im Nanometerbereich. Da die Bewegung auf kristallinen Effekten beruht, gibt es keine rotierenden oder reibenden Teile; Piezoaktoren sind dadurch praktisch wartungs- und verschleißfrei. Sie können große Lasten bis zu mehreren Tonnen bewegen. Elektrisch wirken sie wie kapazitive Lasten und benötigen im statischen Betrieb keine Leistung.

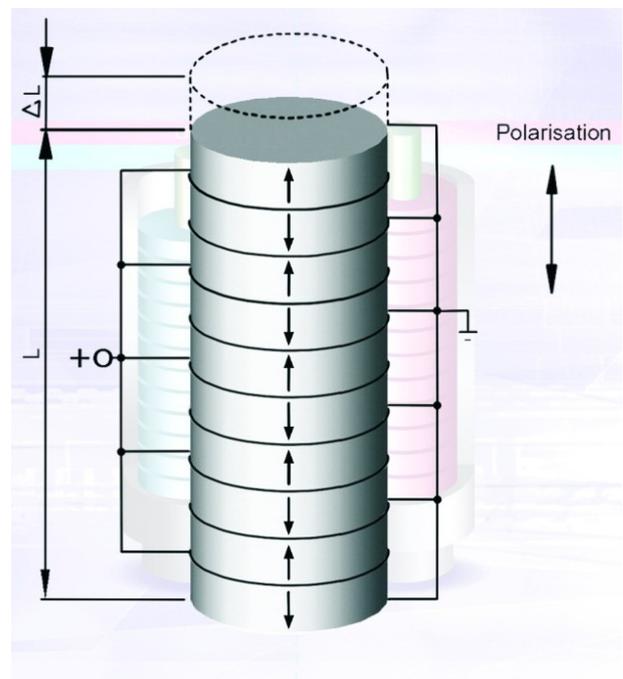


Abb. 8 Der inverse Piezoeffekt bietet sich für die Realisierung von Aktoren an. Die Piezokeramik dehnt sich beim Anlegen eines elektrischen Feldes aus und sorgen so für eine Aktorbewegung

## Autor



Dipl.-Phys. Birgit Schulze, Produktmanagerin bei Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG

## Über die PI Gruppe

In den letzten vier Jahrzehnten hat sich Physik Instrumente (PI) mit Stammsitz in Karlsruhe zum führenden Hersteller von Positioniersystemen mit Genauigkeiten im Nanometerbereich entwickelt. Das privat geführte Unternehmen ist mit vier Sitzen in Deutschland und zehn ausländischen Vertriebs- und Serviceniederlassungen international vertreten. Über 700 hochqualifizierte Mitarbeiter rund um die Welt versetzen die PI Gruppe in die Lage, fast jede Anforderung aus dem Bereich innovativer Präzisionspositioniertechnik zu erfüllen. Alle Schlüsseltechnologien werden im eigenen Haus entwickelt. Dadurch kann jede Phase vom Design bis hin zur Auslieferung kontrolliert werden: die Präzisionsmechanik und Elektronik ebenso wie die Positionssensorik. Die dafür benötigten piezokeramischen Elemente werden bei der Tochterfirma PI Ceramic in Lederhose gefertigt, einem der weltweit führenden Unternehmen auf dem Gebiet aktorischer und sensorischer Piezoprodukte. Die PI miCos GmbH in Eschbach bei Freiburg ist spezialisiert auf flexible Positioniersysteme für Ultrahochvakuum-Anwendungen sowie parallel-kinematische Positioniersysteme mit sechs Freiheitsgraden und Sonderanfertigungen.