

6.2 Piezoprodukte – Ein kleiner Effekt mit großer Wirkung

- Andreas J. Schmidt
Argillon GmbH
Piezoproducts
Redwitz a.d Rodach

Die Folien finden Sie ab Seite 497.

6.2.1. Einleitung

Der piezokeramische Effekt verknüpft elektrische und mechanische Größen miteinander. Piezoelektrik ist Umwandlung mechanischer Verformung in elektrische Signale und umgekehrt. Aufgrund des Sensor- und Aktorverhaltens der Piezokeramik ergibt sich eine Vielzahl von unterschiedlichsten Anwendungsmöglichkeiten. Die Anwendungsfelder finden sich in allen Bereichen der Elektrotechnik, des Maschinenbaus, der Akustik, der Automatisierungstechnik, der Nachrichtentechnik, der Informationstechnologie, des Automobilbaus, des Konsumerbereichs und in unzähligen weiteren Einsatzgebieten der Industrie und des täglichen Alltags. Zur Anwendung kommen piezokeramische Formteile, piezokeramische Aktoren und Sensoren sowie komplexe Baugruppen und Systeme. Die Vielzahl der technischen Lösungen wurde möglich durch die Entwicklung von hocheffektiven für den technischen Einsatz optimierten kostengünstigen piezokeramischen Werkstoffen.

6.2.2. Grundlagen zur Piezoelektrizität

Das erste grundlegende physikalische Verständnis der Piezoelektrizität wurde von den Brüdern Pierre und Jacques Curie im Jahre 1880 entwickelt. Sie stellten fest, dass bei Turmalinkristallen ein gerichteter mechanischer Druck auf den Außenflächen des Kristalls an den gegenüberliegenden Flächen eine dazu proportionale ungleichnamige Oberflächenladung erzeugt.

Der inverse piezoelektrische Effekt wurde von M. G. Lippmann im folgenden Jahr aufgrund von thermodynamischen Überlegungen vorausgesagt und von den Brüdern Curie auch anschließend experimentell bestätigt.

6.2.3. Direkter und reziproker piezoelektrischer Effekt

Unter der Piezoelektrizität ferroelektrischer Materialien versteht man eine lineare elektromechanische Wechselwirkung zwischen den mechanischen und den elektrischen Zuständen eines Kristalls.

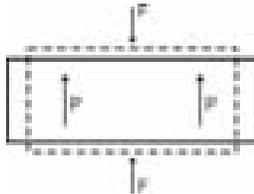


Bild1: Direkter piezoelektrischer Effekt. Eine äußere Kraft verursacht durch Deformation eine ungleichnamige Oberflächenladung.

Der direkte piezoelektrische Effekt tritt dann auf, wenn eine mechanische Deformation des Kristalls von einer hierzu proportionalen Änderung der elektrischen Polarisierung und einer entsprechenden Ladungsverschiebung begleitet wird. Hieraus resultiert die technisch nutzbare ungleichnamige Oberflächenladung.

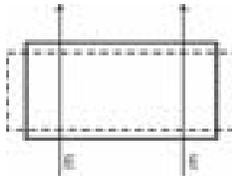


Bild 2: Inverser piezoelektrischer Effekt. Ein äußeres elektrisches Feld verursacht eine Deformation

Der reziproke oder inverse piezoelektrische Effekt zeichnet sich durch eine innere mechanische Spannung des Kristalls aus, welche proportional zu einem äußeren, die mechanische Spannung verursachenden elektrischen Feld ist. Aus der inneren Spannungen resultiert die Deformation des Kristalls.

Kurz gesagt:

Beim piezoelektrischen Effekt wird beim Zusammendrücken der Kristalls eine elektrische Spannung erzeugt. Beim inversen piezoelektrischen Effekt ändert eine von außen angelegten elektrische Spannung die Kristallform.

6.2.4. Perowskit Kristallstruktur

Die heute gängigsten piezoelektrischen Materialien werden auf der Basis des ferroelektrischen Kristalls Bleizirkonattitant $Pb(Zr_x Ti_{1-x})O_3$ hergestellt. Für die Herstellung einer Keramik wird das piezoelektrische Material in polykristalliner Form verarbeitet. Die beiden gebräuchlichsten Herstellungsverfahren für Piezokeramiken sind das Trockenpressen und das Foliengießen. Bei der Presstechnik wird das Piezomaterial zu einem Block gepresst, anschließend gebrannt und weiterverarbeitet. Bei der Foliengießtechnik wird das Piezomaterial zu einer Folie gegossen, getrocknet, gestanzt und anschließend gebrannt. Typische Brenntemperaturen liegen zwischen 1.200°C und 1.300°C. Bleizirkonattitant und andere piezoelektrische Materialien besitzen eine perowskitische Kristallstruktur.

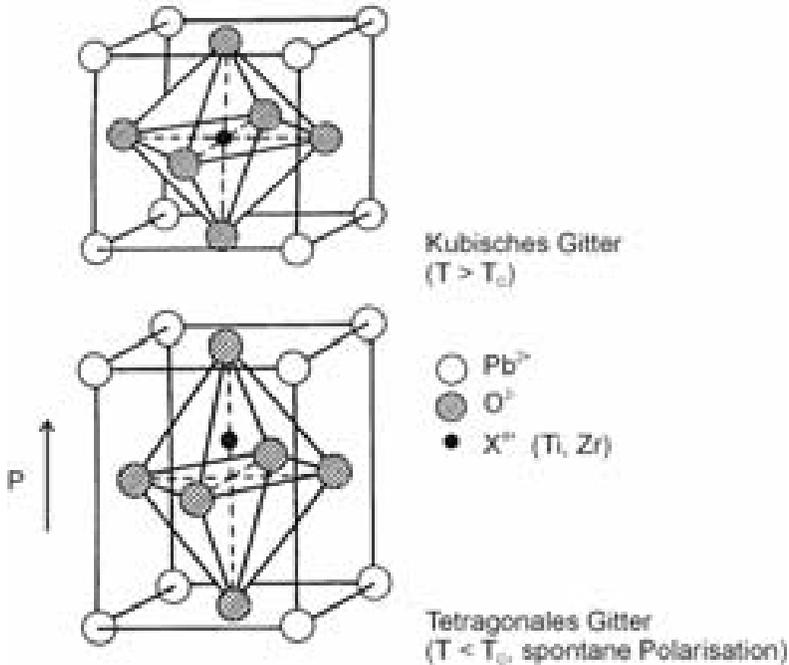


Bild 3: Perowskit Kristallstruktur von Bleizirkonattitanat. Oberhalb und unterhalb der Curietemperatur.

Oberhalb der Curie-Temperatur besitzen die Elementarzellen des perowskitischen Kristalls eine kubische Form. Der Kristall besitzt ein Symmetriezentrum. Es ist kein piezoelektrischer Effekt feststellbar. Die Schwerpunkte der positiven und negativen Ladungen liegen im Zentrum der Elementarzelle des Kristalls. Unterhalb der Curie-Temperatur tritt spontane Polarisation auf. Die Einheitszelle des Kristalls besitzt eine tetragonale oder rhomboedische Form. Diese spontane Polarisation setzt sich zum größten Teil aus einer Verschiebung der Elektronenwolken gegenüber den Atomrümpfen und zu einem kleineren Teil aus der Verschiebung der positiv geladenen Ionen gegenüber den negativ geladenen Ionen zusammen. Diese beiden Polarisationen besitzen dementsprechend die Bezeichnung Elektronen- und Ionenpolarisation.

Die Ursache für die Polarisierung unterhalb der Curie-Temperatur ist die energetisch günstigere Verschiebung der Ionen zueinander. Hierbei geht das Symmetriezentrum des kubischen Kristallgitters verloren. Die Kristallsymmetrie wird durch den Übergang in die ferroelektrische Phase stets erniedrigt. In jeder Elementarzelle des Kristallits entsteht einelektrischer Dipol.

Die Dipole beeinflussen sich gegenseitig und bilden spontan Bereiche mit einheitlicher Ausrichtung (Bild 4). Diese Bereiche werden in Analogie zum Magnetismus als Domänen bezeichnet. Benachbarte Domänen innerhalb eines Kristalls stehen sich in ihrer Polarisationsrichtung in einem Winkel von 90° oder 180° gegenüber. Man spricht deshalb auch von einer 90° - und 180° -Domänenstruktur. Jeder Domäne hat sein eigenes Dipolmoment. Die Wertigkeit der spontanen Polarisierung des einzelnen Bereichs ergibt sich bei Division durch das Volumen der Domäne. In einem makroskopischen Kristall oder einer polykristallinen Keramik sind die Orientierungen der resultierenden Dipolmomente nach der spontanen Polarisierung und Ausbildung von Domänen bei Unterschreiten der Curie-Temperatur statistisch verteilt. Somit zeigt der makroskopische Körper keine Polarisierung und damit auch keinen technisch nutzbaren piezoelektrischen Effekt.

Eine Erklärung für die Ursache der Domänenbildung sind die dadurch bedingte Verringerung der freien Energie und die Reduzierung des elektrischen Streufelds. Die Aufteilung in Domänen kann jedoch nicht unbegrenzt fortgesetzt werden, weil für die Bildung der Domänenwände eine bestimmte Energie erforderlich ist und die Summe der Streufeld- und Wandenergien der Domänenwände minimal bleiben muss.

6.2.5 Hystereseverhalten von Piezokeramiken

Eine polykristalline ferroelektrische Piezokeramik erhält erst durch einen Polarisierungsprozess ihre technisch relevanten piezoelektrischen Eigenschaften. Die Domänen der Ferroelektrika verursachen die nicht-linearen Eigenschaften der piezoelektrischen Keramiken. Die nicht-lineare Abhängigkeit der Polarisierung von der elektrischen Feldenergie führt zum Hystereseverhalten der piezoelektrischen Materialien. Durch Anlegen eines elektrischen Feldes an die Keramik erfolgt eine Ver-

größerung der Domänenbereiche in Abhängigkeit der Ausrichtung der Polarisation. Bereiche, deren Polarisation in Feldrichtung ausgerichtet ist, wachsen an. Bereiche, in denen die Polarisation nicht der Feldrichtung entspricht, werden von Bereichen mit Polarisationsrichtung in Feldrichtung verdrängt.

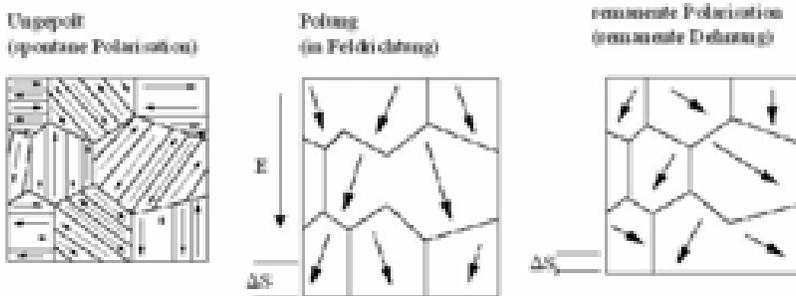


Bild 4: Schematischer Gefügebau einer Bleizirkonattitanatkeramik mit Domänen. Dargestellt sind der ungepolte Zustand nach der spontanen Polarisation, der Zustand während der Polung und die remanente Polarisation.

Das Anwachsen bzw. Verringern der Bereiche geschieht umso schneller, je näher oder weiter weg die Polarisation des Bereiches in Richtung des äußeren elektrischen Feldes ausgerichtet ist. Bei zunehmender Feldstärke besteht der Kristallit letztendlich ab einer gewissen Feldstärke nur noch aus einer einzigen Domäne. Diese Domäne zeichnet sich dadurch aus, dass ihre ursprüngliche Polarisation der äußeren Feldrichtung am nächsten gekommen ist. Bei weiter anwachsendem elektrischen Feld erfolgt letztendlich ein Ausrichten des resultierenden Dipols in Feldrichtung. Die Sättigungspolarisation PS ist erreicht. Für eine noch nicht polarisierte Keramik entspricht der Verlauf des Polarisationsvorgangs dem Graphen der Neukurve in Bild 5.

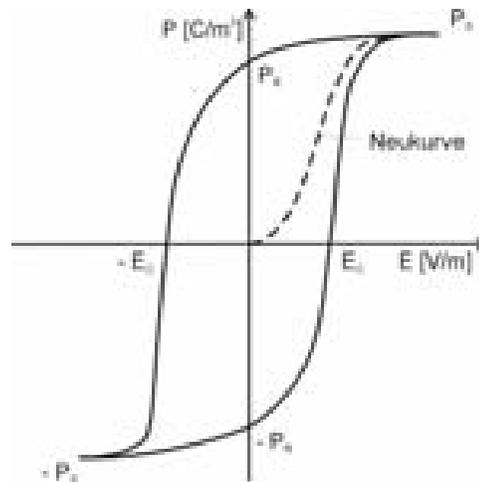


Bild 5: Hysteresekurve von piezoelektrischen Keramiken. Die gestrichelte Linie zeigt die Neukurve, welche den Verlauf für den Fall, dass das Material noch nicht polarisiert wurde, darstellt.

Bei Abschalten des elektrischen Feldes bleibt das Dipolmoment der Domäne jedoch nicht vollständig in Feldrichtung stehen, da die Dipolmomente an bestimmte Vorzugsrichtungen in den einzelnen statistisch verteilten Kristalliten der Keramik gebunden sind. Die resultierende Polarisation der Keramik heißt remanente Polarisation P_R und die physikalische Eigenschaft Remanenz. Am Modell der Weisschen Bezirke und der Domänenwände lässt sich für das einzelne Kristallit veranschaulichen, warum eine remanente Polarisation erhalten bleibt. Für die statistisch verteilten Kristallite ist die Vorzugsrichtung ihres bei Sättigungspolarisation in Feldrichtung ausgerichteten Dipolmoments statistisch bedingt nicht immer identisch mit der Feldrichtung. Wird das äußere Feld abgeschaltet, so richtet sich das Dipolmoment der Domäne in seine Vorzugsrichtung aus. Des Weiteren ist für den Kristallit nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik eine Zunahme der Entropie zu erwarten. Dem Bestreben der Zunahme der Entropie folgt eine Zunahme von Domänen mit Polarisationen, deren Richtung nicht der ursprünglichen äußeren Feldrichtung entspricht. Dieser Vorgang wird aber durch Störstellen im Kristallit verzögert. Für das Entstehen von neuen Domänen ist es nötig, dass sich die bestehenden Domänen verkleinern. Hierzu müssen die Domänen-

wände bewegt werden. Diese benötigen eine bestimmte Energie, um über die Störstellen hinwegzuwandern. Diese Energie muss dem Kristall oder der Umgebung entnommen werden. Aus statistischen Überlegungen lässt sich zeigen, dass die maximal mögliche remanente Polarisation höchstens dem 0,86-fachen der Sättigungspolarisation P_S entspricht. Um die remanente Polarisation wieder aufzuheben, ist die Zufuhr von Energie nötig. Die Zufuhr der Energie kann durch ein äußeres elektrisches Feld erfolgen, dessen Richtung der ursprünglichen Feldrichtung entgegengesetzt ist. Die hierfür nötige Feldstärke wird Koerzitivfeldstärke E_C genannt.

Wird ein hinreichend großes alternierendes elektrisches Feld an die Piezokeramik angelegt, so wird das Material laufend umpolarisiert und es ergibt sich für die Polarisation als Funktion der Feldstärke eine für das jeweilige Material charakteristische Hystereseschleife (siehe Bild 5).

6.2.6 Piezoprodukte

Die heutigen Anwendungen in der Technik, Industrie und im Konsumerbereich erfordern eine Vielzahl von unterschiedlichsten piezokeramischen Formteilen, Bauelementen und Systemen. Die Anwendungen und Herstellungstiefen von piezokeramischen Produzenten kann man grob in drei Bereiche zergliedern: Anwendungen, welche ausschließlich durch piezokeramischen Formteile realisiert werden können, piezokeramische Bauelemente und piezokeramische Baugruppen. Standardmäßig werden heute piezokeramische Scheiben, Platten, Streifen, Ringe, Kalotten, Röhrchen und eine Vielzahl von Sondergeometrien gefertigt. Zum Teil werden die piezokeramischen Formteile direkt am Markt abgesetzt. Ein erheblicher Teil wird jedoch zu piezokeramischen Bauelementen wie Aktoren und Sensoren weiterverarbeitet. Die piezokeramischen Aktoren und Sensoren finden in der Textilindustrie, der Robotik, Pneumatik, Medizintechnik, Automatisierungstechnik und in vielen weiteren Bereichen der Industrie und im Konsumermarkt Verwendung. Ein Teil der piezokeramischen Sensoren und Aktoren wird weiterveredelt zu komplexen Systemen oder Baugruppen. Bei diesen Systemen ist die piezokeramische Komponenten nur noch eine von vielen Bausteinen. Beispiele hierfür sind komplexe piezokeramische Module für die Textilindustrie, Ultraschallmesssysteme für die Medizintechnik und für die exakte Bestimmung von Tankinhalten in petrochemischen Raffinerien, Ultraschallzerstäuber für

Luftbefeuchter oder Medizintechnik sowie Multilayeraktoren für Diesel- und Benzindirekteinspritzung im Automobil.

6.2.7 Aufbautechniken und Vorteile von Piezoaktoren

Werden zwei Piezokeramikplatten mit einem Trägermaterial verklebt und entgegengesetzt angesteuert, erhält man, ähnlich wie beim Bimetall eine starke Verbiegung des Verbundes.

Der typische piezokeramische Biegewandler ist ein Kombination aus einer oder zwei piezokeramischen Komponenten in Single- oder Multilayer-technologie mit oder ohne Zwischenlage. Aktoren mit passiver Lage und piezokeramischer Komponente bezeichnet man als Monomorph oder Unimorph. Ein System aus zwei piezokeramischen Komponenten und einer passiven Zwischenlage bezeichnet man als Trimorph. Ein Bimorph besteht aus zwei piezokeramischen Keramiken. Ein Multimorph besitzt keine passive Zwischenlage.

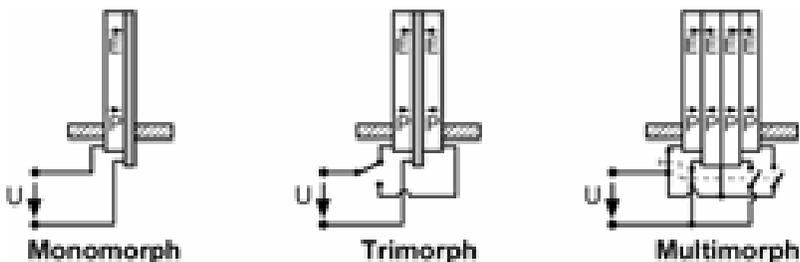


Bild 6: Aufbauvarianten von piezokeramischen Biegewandlern. Der typische Biegewandler besteht aus ein oder zwei piezokeramischen Platten mit oder ohne Zwischenlage.

Ist die Piezokeramik aus einer Schicht aufgebaut spricht man von einer Singlelayer-technologie. Ist die piezokeramische Komponente aus mehreren aktiven piezokeramischen Schichten aufgebaut spricht man von einer Multilayer-technologie. Der multimorphe Biegewandler ist ein piezokeramischer Multilayer ohne passive Zwischenschicht.



Bild 7: Prinzipieller Aufbau eines monomorphen Biegewandlers mit einer Multilayerpiezokeramik

Durch das jeweilige individuelle Design des Biegewandlers können Auslenkungen von einigen Millimeter, Kräfte bis zu einigen Newton und kurze Stellzeiten erzielt werden. Damit kann der Biegewandler als leistungsfähiges und schnelles Stellelement eingesetzt werden. Durch die hohe Stellgeschwindigkeit steigert sich die Produktivität gegenüber dem Elektromagneten um ein Vielfaches. Aufgrund seiner kompakten Bauweise nimmt der piezokeramische Aktor deutlich weniger Platz ein. Auch ist sein Energieverbrauch im Vergleich zum Elektromagneten deutlich geringer.

Ein weiterer Vorteil ist die hohe Zuverlässigkeit - sie macht Ausfallzeiten zur großen Ausnahme. Heutige piezokeramische Hochleistungsbiegewarter haben eine Lebensdauer von mehr als 10^9 Schaltzyklen.

6.2.8. Auslenkung eines piezokeramischen Biegewandlers

Durch Anlegen einer Betriebsspannung an eine der beiden piezokeramischen Komponenten eines trimorphen Biegewarters erfolgt eine Kontraktion der Piezokeramik. Die durch die Kontraktion hervorgerufene Längenänderung der Piezokeramik verursacht eine Verbiegung des Biegewarters.



Bild 8: Auslenkung eines trimorphen Biegewandlers.
Durch Anlegen der Betriebsspannung verursacht die Kontraktion der Piezokeramik die Biegung des Wandlers.

Ein trimorpher Biegewandler kann bei wechselseitigem Anlegen der Betriebsspannung an die jeweilige piezokeramische Komponente in beide Richtung ausgelenkt werden.

6.2.9. Anwendungsbeispiele für piezokeramische Aktoren

Der piezokeramische Aktor ist anwendungsspezifisch modifizierbar und damit ein äußerst vielseitiges Stellelement. Er eignet sich durch seinen kompakten Aufbau für eine Vielzahl von technischen Anwendungen. Piezokeramische Aktoren finden sich beispielsweise im Automobilbau als Antrieb der Diesel- oder Benzindirekteinspritzung, im Maschinenbau als Antrieb der Fadensteuerung bei Textilmaschinen, in der Informationstechnologie zur exakten Positionierung von Schreib- und Leseköpfen. Den jeweiligen technischen Anwendungsfeldern sind kaum Grenzen gesetzt.

6.2.9.1. Piezokeramische Aktoren in Textilmaschinen

Piezokeramische Aktuatoren, die in einem speziellen Gehäuse und kundenspezifisch mit oder ohne Ansteuerelektronik geliefert werden, optimieren die Fadensteuerung in Textilmaschinen.

Beispielsweise laufen durch den Einsatz von Steuermodulen mit piezokeramischen Biegewandlern Textilmaschinen schneller, ruhiger und zuverlässiger als mit herkömmlichen Antrieb durch Magnetsysteme. Mit

piezokeramischer Technik sind Jacquard-, Wirk- Strick- und Rundstrickmaschinen rund um die Uhr einsatzbereit. Die Produktivität in den textilverarbeitenden Betrieben wird aufgrund der geringen Schaltzeit von Piezokeramiken erheblich gesteigert.

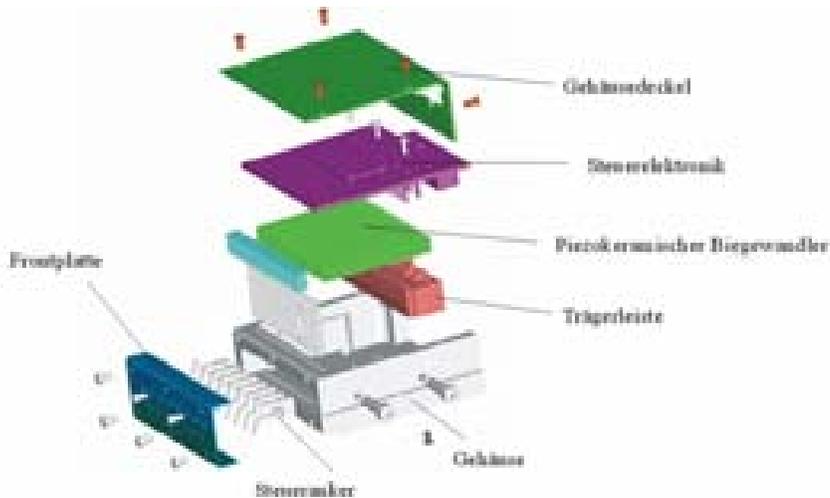


Bild 9: Aufbau eines SITEX®-Moduls für Rundstrickmaschinen.

Durch die geringe Baugröße ist der Platzbedarf der Steuermodule in den Maschinen minimal. Da die Module mit geringer Energiezufuhr und ohne Wärmeabgabe arbeiten, kann auf eine zusätzliche Kühlung verzichtet werden. Aufgrund eines speziellen Lacküberzugs (Coating) sind Elektronik und Biegewandler gegen Staub, Stofffusseln, Öle und Fette unempfindlich. Biegewandler werden, den technischen Anforderungen der Kunden entsprechend, mit und ohne Elektronik geliefert.

6.2.9.2. Piezokeramische Aktoren in Ventilen

Piezokeramische Aktoren finden vermehrt Einsatz in Ventilen. Ihr Anwendungsspektrum deckt beispielsweise in Industrieautomatisierung, Medizintechnik, Automatisierungstechnik und Konsumerbereich weite technische Bereich ab.

Piezokeramische Aktoren eignen sich für den Einsatz in Ventilen ins-

besondere wegen der extrem hohen Schaltgeschwindigkeit und der nicht vorhandenen Wärmeverluste. Dies ist gegenüber anderen Antriebskonzepten mit magnetischen Aktoren ein entscheidender Wettbewerbsvorteil.

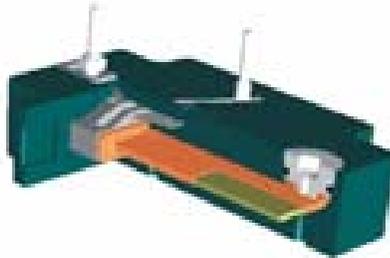


Bild 10: Schematischer Aufbau eines piezokeramischen Ventils

6.2.9.2. Piezokeramische Ultraschallzerstäuber

Piezokeramische Ultraschallzerstäuber können Aerosole perfekt erzeugen. Sie eignen sich also zur Erzeugung kleiner Tröpfchen unter exakter Einhaltung der gewünschten Größe. Beste Homogenität ist kein Problem.

Diese Ultraschallzerstäuber arbeiten flexibler und wirtschaftlicher als mit herkömmlichen Befeuchtungssystemen. Der Flüssigkeitsverbrauch sinkt spürbar, die Stillstandszeiten werden kürzer, es wird viel weniger Energie benötigt. Außerdem beanspruchen die Zerstäuber erheblich weniger Platz.

Ultraschallzerstäubung benötigt keine Treibgase.

Pflanzenschutzmittel können exakt dosiert und gezielt verteilt werden.

Beim Zerstäuben von Kosmetika muss Lungengängigkeit vermieden werden.

Bei medizinischen Anwendungen müssen Medikamente zur Inhalation gezielt lungengängig und gleichmäßig zerstäubt werden. Dies ist möglich, denn die Tröpfchengröße ist exakt und homogen einstellbar. Die zerstäubten Medikamente wirken effektiver, da der Patient sie über die Lunge viel besser und schneller aufnehmen kann. Ultraschallwandler für die Medizintechnik haben darüber hinaus den Vorteil, das

durch die Ultraschalleinwirkung Bakterien vernichtet werden. Das Aerosol ist praktisch keimfrei.



Bild 11: Schematischer Aufbau eines piezokeramischen Ultraschall-Tascheninhalators für die Medizintechnik. Mit dem Tascheninhalator können sowohl Medikamente gegen Asthma und chronische Lungenerkrankungen als auch Medikamente zur Schmerztherapie zerstäubt werden.

6.2.9.3. Piezokeramische Ultraschallmeßsystem

Piezokeramische Ultraschallmeßsysteme besitzen ein Vielzahl von Vorteilen und können Beispielsweise die Füllhöhen von Tanks ermitteln, ohne mit mechanischen Abtastsystemen arbeiten zu müssen.

Ultraschallmesssysteme können einfach in bestehende Tanksysteme integriert werden, eignen sich zur Messung unterschiedlichster Medien mit sehr guter Messgenauigkeit.

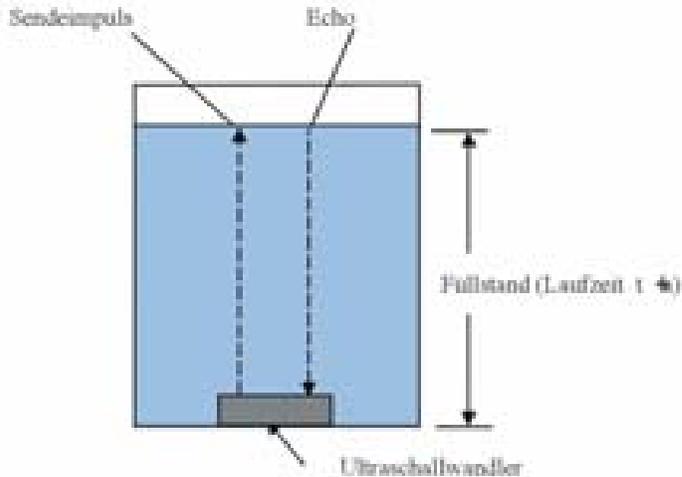


Bild 12: Prinzip des Ultraschall Tankinhaltsmeßsystems TIM[®].

Das Ultraschall Tankinhaltsmeßsystem TIM[®] arbeitet nach dem Ultraschall Echolot Prinzip. Ein Ultraschallwandler sendet Ultraschallimpulse aus, die an der Oberfläche der Flüssigkeit reflektiert werden. Die reflektierten Schallwellen werden vom Wandler wieder aufgenommen. Ihre Laufzeit wird unmittelbar zur Bestimmung der Füllhöhe herangezogen.

Mit Ultraschalltankinhaltsmesssystemen ist nicht nur eine präzise Messung der Tankinhalte möglich, sondern durch rechnerischen Abgleich der Medientemperaturen können auch Sumpfablagerungen bestimmt werden. Darüber hinaus ist eine Qualitätsbestimmung des Treibstoffs möglich. Ultraschalltankinhaltsmesssysteme vereinfachen Messung im Vergleich zu anderen Messverfahren.

Literatur:

- [1] Low Voltage Piezoelectric Actuator with Integrated Strain Gauge – A New Technology for Industrial Automation; A. J. Schmid, T. Wich, ;T. Fischer, U. Töpfer, T. Steinkopff, C. Schuh, M. Weinmann, M. Maichl, G. Munz, C. Hanisch, H. F. Schlaak, R. Ballas, M. Hoffmann, S. Wagner; 8th International Conference on New Actuators, Actuator 2002

- [2] Piezo electric Ceramics; J. vom Randerat, R. E. Settrington, 2nd edition; Mulland 1974
- [3] Innovative Sensor and Actuator Devices Using MID Technology; M. Weinmann, et. al.; 4th International Congress Molded Interconnect Devices; 2000
- [4] Piezokeramische Systeme – Physikalische Eigenschaften und Anwendungen; A. J. Schmid; Technische Keramik in der Praxis; Verband der keramischen Industrie e.V.; Selb; 2002
- [5] Design and construction of a high-resolution 3D translation stage for metrological applications; W. Chr. Heerens J.M.T.A. Adriaens W.L. de Koning K.R. Koops, R. Banning P.M.L.O. Scholte, Applied Physics A- Materials Science & Processing, 1998
- [6] Piezo electric Actuators in Multilayer Technique, U. Dibbern, Proc. ACTUATOR 1994, Ed.: H. Borgmann, K. Lenz, 114-118
- [7] Piezo electric Components for Technical Applications, C. Schuh, K. Lubitz, Th. Steinkopff, A. Wolff, Piezoelectric Materials, Ed.: C. Galassi et al., Kluwer Academic Publ. 2000, 391- 399
- [8] Miniature Piezo electric Relay with Low Operate Voltage and Short Switching Time Using a Monolithic Multilayer Bender Actuator; K. Pietsch, L. Kiesewetter: 6. International Conference on New Actuators, ACTUATOR 1998

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 25) finden sich auf den folgenden Seiten.

Fertigungstechnik

Piezoprodukte - Ein kleiner Effekt mit großer Wirkung

Andreas J. Schmid
ARGILLON GmbH
Piezoproducts
Redwitz a.d. Rodach



Überblick



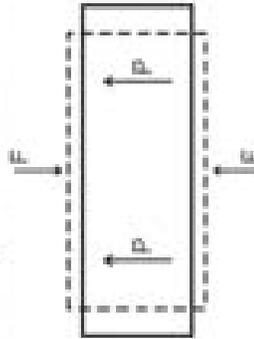
Piezokeramische Systeme -

Physikalische Eigenschaften und Anwendungen

- Piezoeffekt
- Piezoprodukte
- Aufbautechniken von Aktoren
- Anwendungsbeispiele für Aktoren
- Anwendungsbeispiele für piezokeramische Dosiersysteme

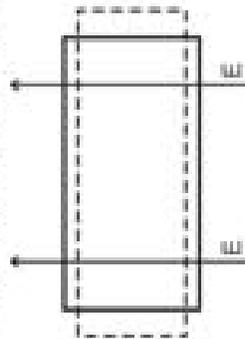
Piezoeffekt I

Direkter piezoelektrischer Effekt



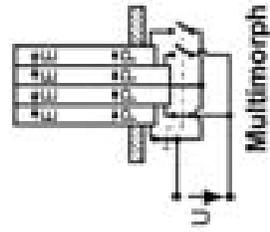
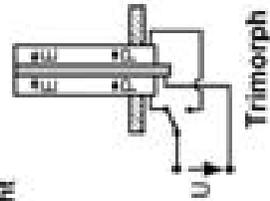
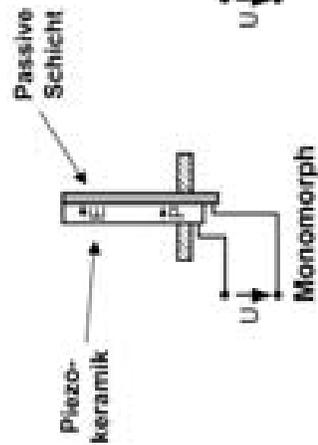
Eine äußere Kraft verursacht mittels Deformation eine ungleichmäßige Oberflächenladung

Inverser piezoelektrischer Effekt



Ein äußeres E-Feld verursacht eine Deformation.

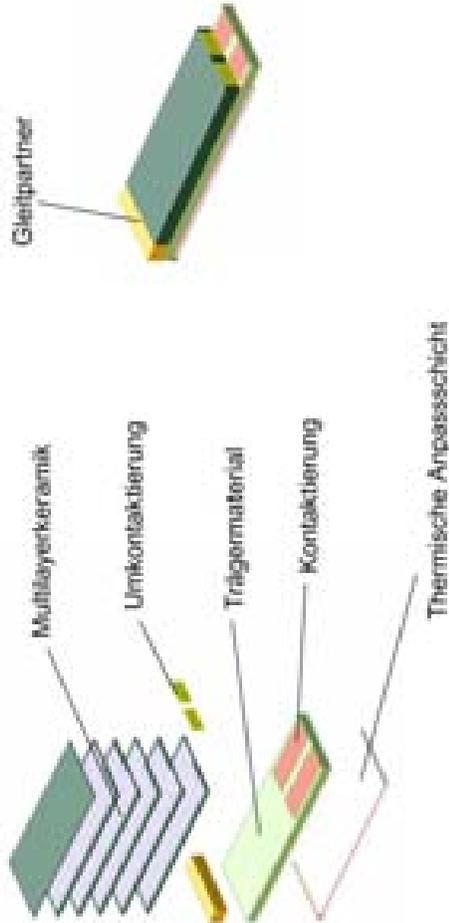
Biegewandler Aufbautechnik

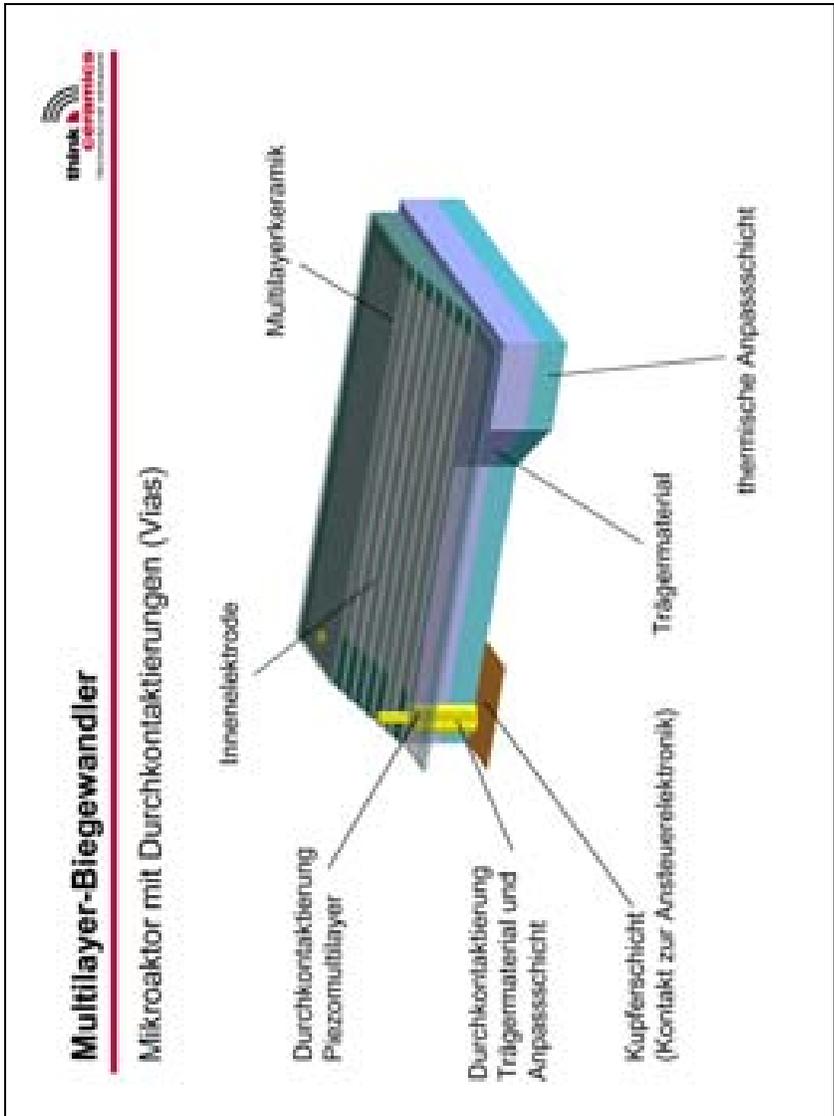




Multilayer-Biegewandler

Multilayeraufbau: Design mit thermischer Anpassschicht und Gleitpartner



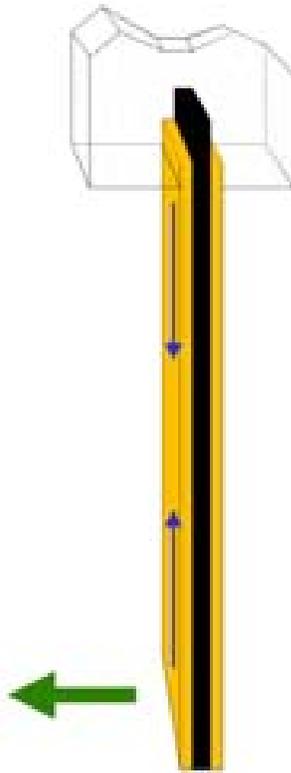




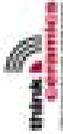
Betrieb eines Biegewandlers

Auslenkung eines trimorphen Biegewandlers (inverser piezoelektrischer Effekt)

Kontraktion der Keramik bei anliegender Betriebsspannung
führt zur Auslenkung des Biegewandlers

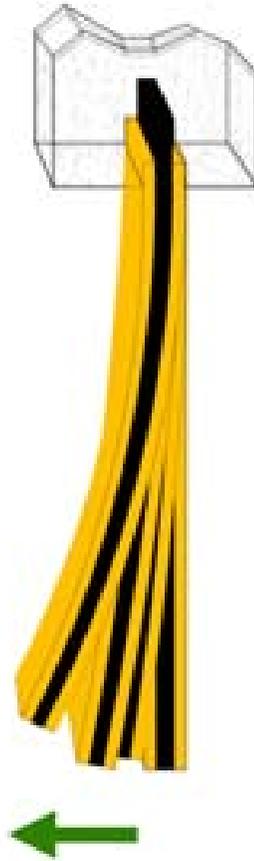


Betrieb eines Biegewandlers



Auslenkung eines trimorphen Biegewandlers (inverser piezoelektrischer Effekt)

Kontraktion der Keramik bei anliegender Betriebsspannung
führt zur Auslenkung des Biegewandlers

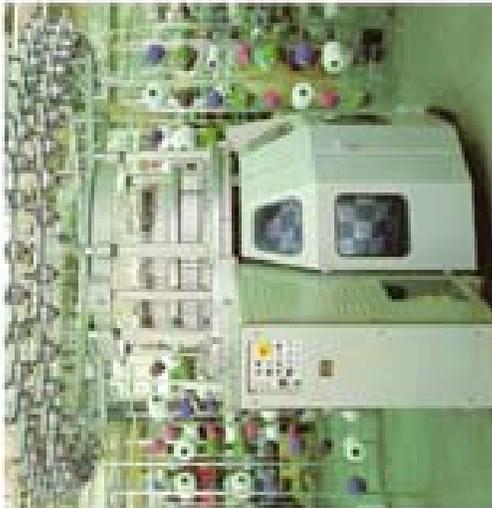


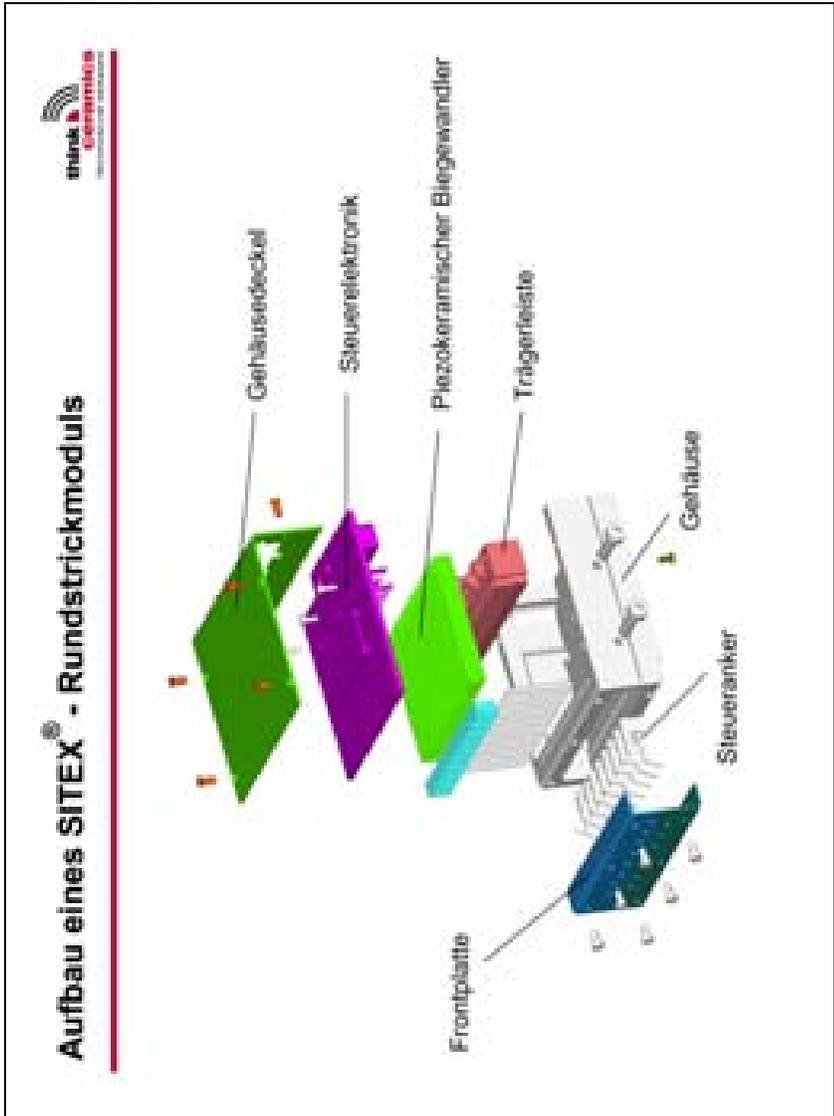


Piezoaktoren in Braille-Modulen



Piezoaktoren für Rundstrickmaschinen (SITEX®)





Ventil mit Piezoaktor



Kunststoffgehäuse

- Höhere Präzision
- Geringeres Gewicht
- Kostengünstiger

Biege wandler

- Energiefreie Kontrolle
- Nahezu kein Verschleiß
- Ideal für höchste Sicherheitsanforderungen
- Arbeitet digital und analog
- Keine Erwärmung
- Keine elektronische Aufladung
- Nicht magnetisch

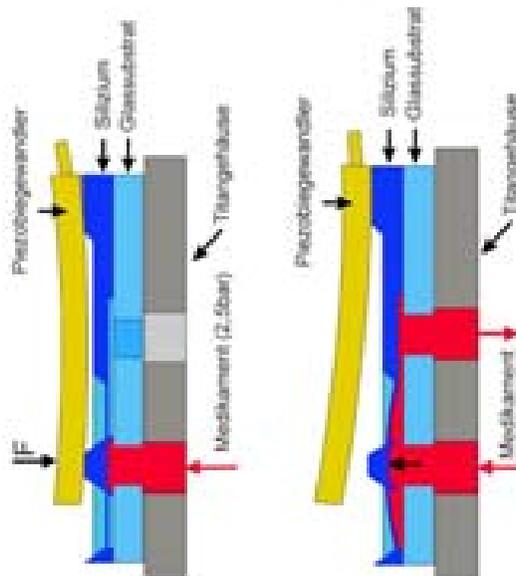
Elastomermantel

- Verbesserte Versiegelung
- Schutz gegen Feuchtigkeit
- Trennt das Medium sicher von der Elektronik

think & generate

Mikroventil mit Piezoaktor

HSG-IMIT Mikroventil für implantierbare Medikamentensysteme

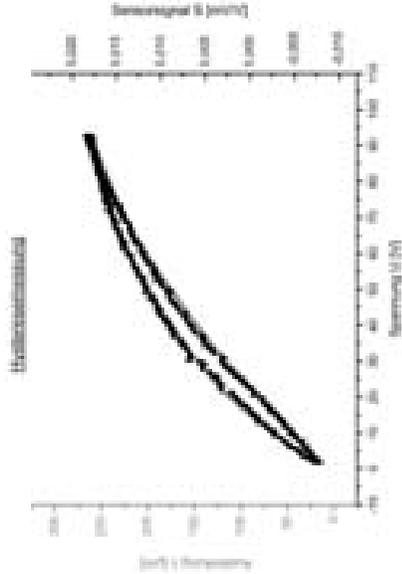
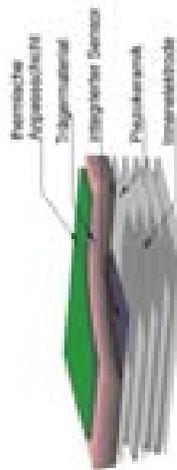




Smarte Piezoaktoren

Multilayer Piezoaktor mit integrierter Sensorik zur Wegüberwachung.

Vorteile: Funktionsüberwachung und exakte Positionierung



ELLIPTEC - Piezomotor



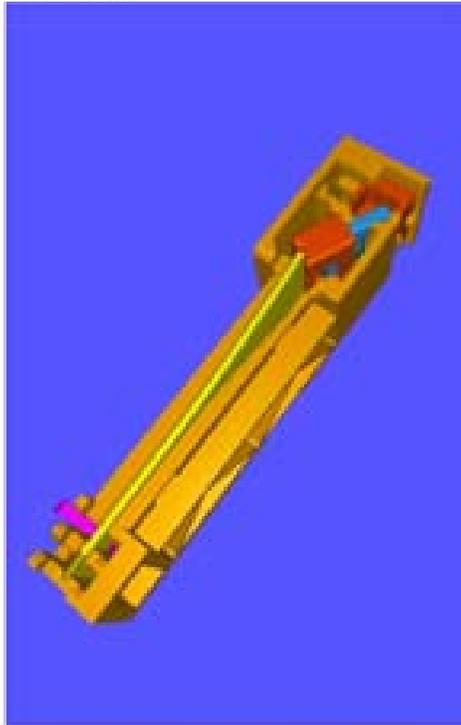
Durch elliptische Schwingungen können lineare Bewegungen erzeugt werden.



EnOcean - Piezokeramische Generatoren



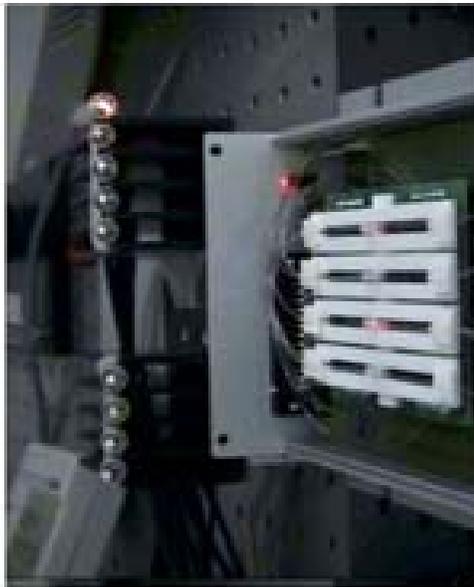
Die Betätigungsenergie wird für batterielose Transpondersysteme verwendet.



Anwendungen:

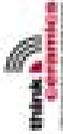
Lichtschalter
Funk-Reflektoren

Piezokeramische Lichtleiterschalter



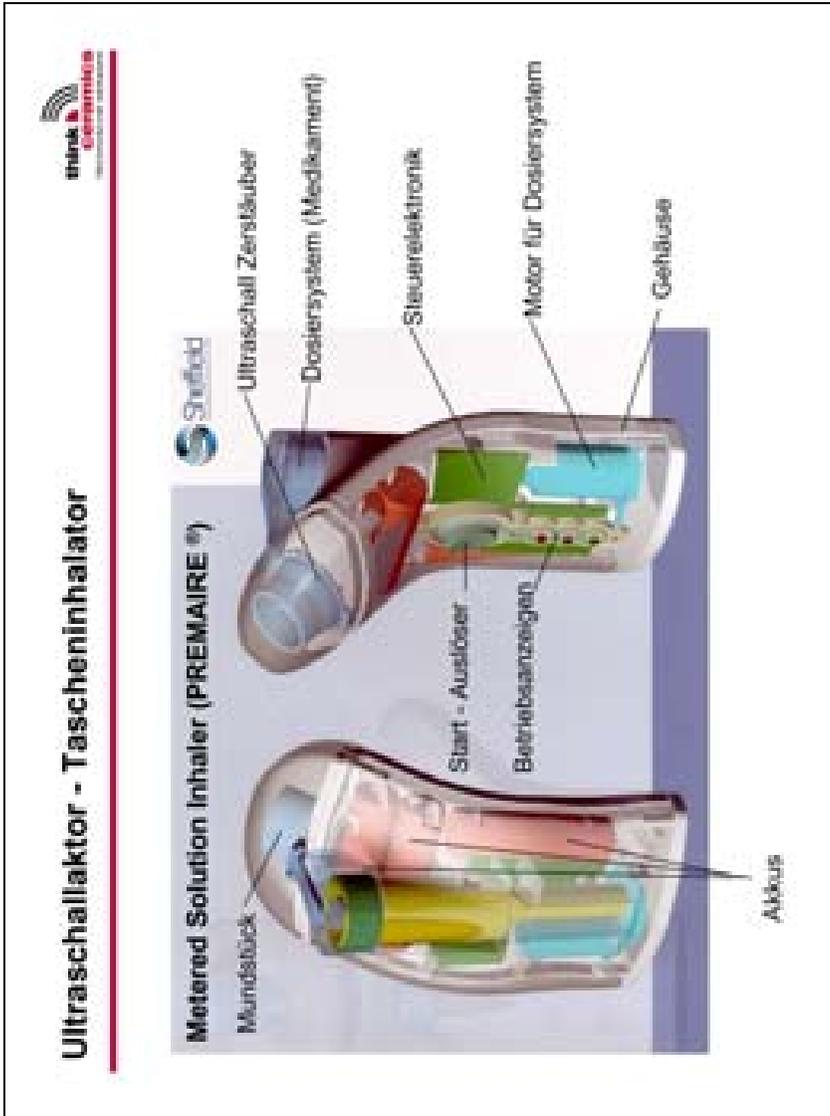
Anwendungen:

Telekommunikation
Optische
Speichermedien



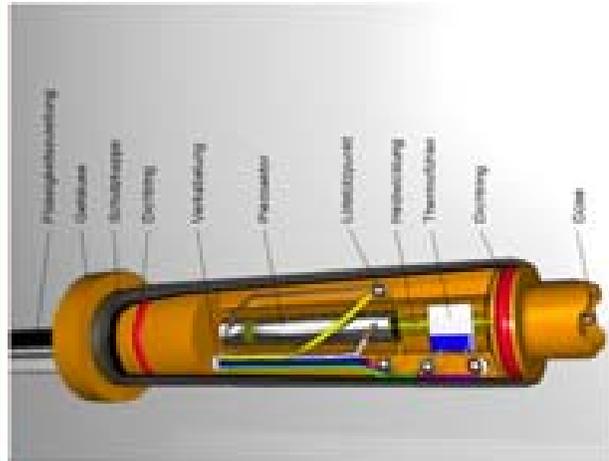
Vorteile von Piezoaktoren

- Hohe Produktivität durch hohe Stellgeschwindigkeit
- Hohe Zuverlässigkeit reduziert Ausfallzeiten dramatisch
- Geringe Verlustleistung
- Niedrige Betriebskosten
- Kompakte Bauweise
- Nahezu geräuschloser Betrieb
- Anwendungsspezifisch modifizierbar
- Miniaturisierung ist möglich



6.2 Folie 22

MICRODROP - Mikrodosiersysteme



Mikrodosiersysteme mit Piezo Technologie .

Tröpfchenvolumen: 30 - 500 μl
 Tröpfchendurchmesser: 30 - 100 μm
 Tröpfchenrate: 0 - 2000 /s
 max. Durchsatz: 1 $\mu\text{l/s}$

Medien: Öle, Polymere, Klebstoffe, Wachse,
 organische Lösungen, usw.



Vorteile von piezokeramischen Dosiersystemen

- Keine Treibgase, die die Ozonschicht zerstören
- Fluide können exakt dosiert werden
- Einstellung der Tröpfchengröße und Homogenität möglich
- Medikamente können fein und gleichmäßig zerstäubt werden
- Ultraschalleinwirkung vernichtet Bakterien
- Anwendungsspezifisch modifizierbar
- Miniaturisierung ist möglich

Zusammenfassung

Piezokeramik

- Elektromechanischer Wandler (Aktor/Sensor)
- Kundenspezifisch modifizierbar
- Universell einsetzbar

Piezokeramische Komponenten

- Formteile
- Bauelemente
- Baugruppen / Systeme (inkl. Elektronik und Gehäuse)