



Piezokomposit-Aktuatoren

Das Volumen ist entscheidend - nicht der Weg!?
Hohe Krafterzeugung statt Positionierung!
Dynamik jenseits der Resonanzfrequenz!?

- *variable Länge von Millimeter bis 1 Meter*
- *Belastungen bis 70 kN*
- *Resonanzfrequenz bis 60 kHz*

1. Piezokomposit-Aktuatoren

Piezokomposite sind lineare Hochlastaktoren in diskreter Füge­technik. Ihre Vorteile sind eine hohe Krafterzeugung, hohe Steifigkeiten und eine variable Auswahl der eingesetzten Piezokeramik (thermisches Verhalten, Dynamik, Spannungsbelastung und Curie Temperatur). Damit erschließen Piezokomposit-Aktoren völlig neue Anwendungsgebiete.

Anwendungen für Piezokomposite-Aktoren

Piezokomposite Aktoren werden eingesetzt für:

- Shaker
- Aktive Schwingungsdämpfung
- Stoßerzeugung
- Kurz-Impulsanregung

Besonderheiten

Besonderheiten von Piezokompositen (gegenüber konventionellen Hochlastaktoren)

- Aufbau als Metall-Keramik-Verbund durch diskrete Füge­technik
- Anpassungen an spezifische Anwendungen durch Auswahl der Piezokeramik (d_{33} ; Curie Temp. Verlustfaktor usw.)
- integriertes Temperaturmanagement für HT-Anwendungen (thermostabil)
- hohe Stoßfestigkeit und hohe Schwingungsanregung durch optimierte Konstruktion
- an die Anwendung angepasste interne Vorspannung

2. Piezoelektrische PIA-Stoßgeneratoren

- einstellbare Stoßparameter wie Energie/Beschleunigung /Auslenkung/
 $E < 4 \text{ Joule}$; $a > 10.000g$, ΔL bis $> 100\mu\text{m}$
- hohe Reproduzierbarkeit der Stoßparameter, präzises Zeitverhalten
- Pulsenergien bis in den Joule-Bereich
- variierbare Stoß-Wiederholraten
- niedrigste Anstiegszeiten im μs Bereich
- Pulsbreiten um $10 \mu\text{s}$
- präzise Auslösbarkeit im μs -Bereich durch exaktes Triggern
- Kontakt zwischen Aktor und Prüfkörper besteht bereits vor dem Stoß

Mit PIA-Stoßgeneratoren lassen sich Testobjekte, Strukturen und Materialien hohen Beschleunigungen aussetzen. Daraus ergeben sich Aussagen über Materialeigenschaften bei hohen Dehnraten.

Für hocheffektive Piezostoßgeneratoren hoher Leistungsdichte wird eine spezielle hochdielektrische Piezokeramik verwendet. Sie weist eine doppelt so hohe mechanische Stoßenergiedichte auf wie gängige Aktorkeramiken.

Physikalischer Hintergrund

Erfolgt die elektrische Aufladung des Piezostapels ausreichend schnell (Rechteckimpuls), so springt die axiale Druckspannung in der Piezokeramik auf einen hohen Wert (Blockierdruck). Dieser Anstieg erfolgt verzögerungsfrei über die gesamte Länge.

Der Piezo-Stab beginnt in der Folge beschleunigt zu expandieren, wobei sehr hohe Dehnraten erreicht werden. Die Stabenden bewegen sich dabei mit der spezifischen Schallschnelle.

Dadurch kann der Piezostapel in einem angekoppelten Körper eine propagierende Druckfront aufbauen. Der Piezo-Stapelaktor stellt somit einen „aktiven Stab“ dar, der bei Ansteuerung mit elektrischen Leistungspulsen mechanische Stöße erzeugt.

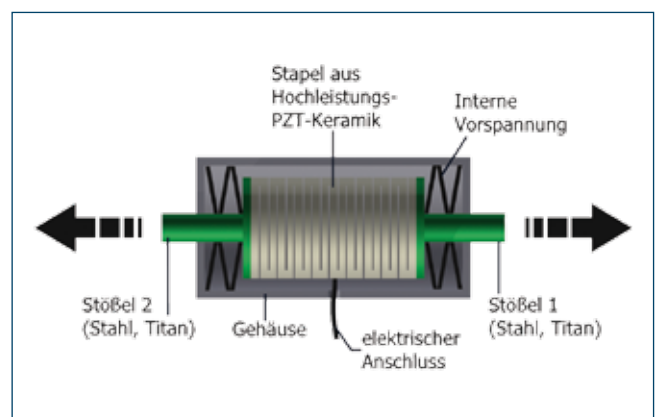


Abb. 1: Schema eines axial wirkenden symmetrischen Stoßgenerators

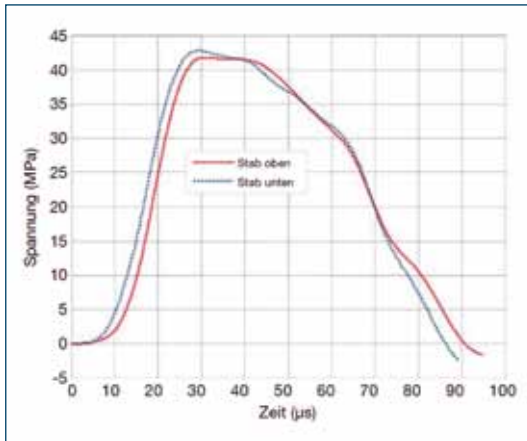


Abb. 2: Pulsform bei symmetrischer Stoßgeneratoranordnung.

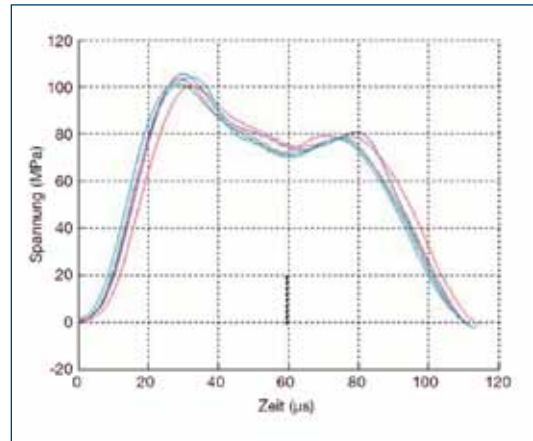


Abb. 3: Typische Doppelpulsform bei Stoßgeneratoren mit seismischer Masse.

PIA-Elektronik - Besonderheiten der benötigten Elektronik

High Voltage Pulser HVP-Verstärker

- Hohe Impulsströme bis zu 400A
- µs genaue Triggerung
- Peak Power bis 400kW
- Anstiegszeiten im µs Bereich

Das Grundprinzip der HVP-Verstärker besteht im Aufladen eines Ladekondensators (mehrere 100µF) mit der gewünschten Spannung. Ausgelöst vom Triggersignal wird dieser Kondensator von seiner Spannungsversorgung getrennt und schlagartig über den Piezo-Stoßgenerator entladen.

Dabei fließen kurzzeitig Ströme von mehreren hundert Ampere. Die Spannung am Piezo steigt damit innerhalb weniger µs auf den Maximalwert von bis zu 1000V an.

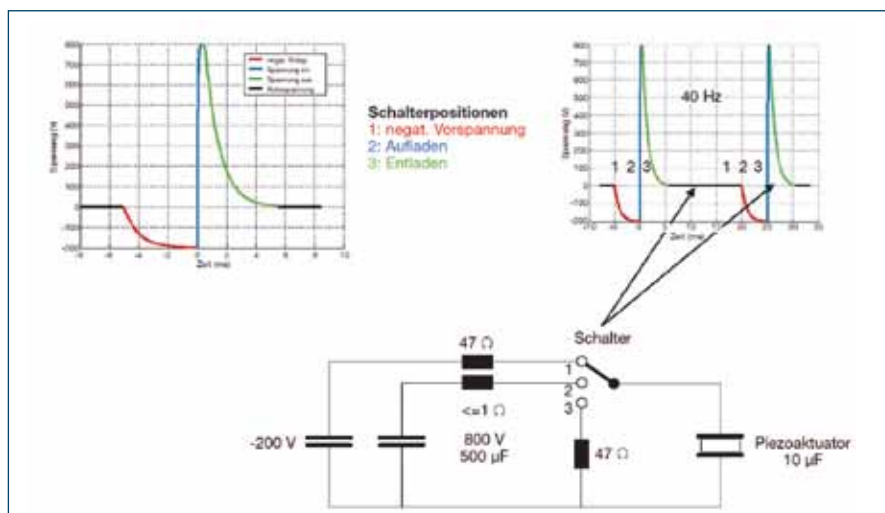


Abb. 4: Bipolare Ansteuerung eines Leistungspiezoaktors mittels Hochvolt-Pulser (HVP).

Produktbeispiele PIA

Aktortyp	Betriebsspannung [V]	Amplitude bei max. Spannung [µm]	Kapazität	Max. Beschleunigung [m/s ²]
PIA 300/10/3	0 ... 300	7	140 nF	> 100'000
PIA 1000/10/7	0 ... 1000	7	20 nF	> 100'000
PIA 800/35/80	-200 ... 800	80	6,6µF	> 100'000

3. Piezoelektrische PiSha-Shaker

- Frequenzbereiche bis über 100 kHz in Abhängigkeit der Shakerkonfiguration
- hohe Beschleunigungen bis 10'000 g
- Amplituden μm bis einige hundert μm (abhängig von Betriebsfrequenz)
- Kraftmodulation bis einige zehn kN (gemessen unter Blockierbedingungen
- abhängig von Shakerdimensionierung, Betriebsfrequenz und Montagebedingungen)
- Kompakte Abmessungen der Piezostrukturen herab bis in Millimeterbereich
- hohe Kräfte
- Wärmemanagement

Funktionsprinzip von Piezo-Shakern

Piezo-Shaker setzen das elektrische Anregungssignal piezomechanisch unmittelbar in eine Bewegung um. Durch die Betriebsspannung des Shakers wird die Amplitude der Auslenkung bestimmt bzw. durch den Ladestrom die Geschwindigkeit der Shakerbewegung (im subresonanten Betrieb). Der innere Aufbau des Shakers und der Piezoelemente hat den auftretenden hohen Kräften, Drücken und Beschleunigungen Rechnung zu tragen, um auch bei hohen Schwingungsdauerbelastungen einen zuverlässigen Betrieb zu erreichen.

Vergleich Piezo-Shaker /elektromagnetischer Shaker

Bezogen auf die Baugröße weisen Piezo-Shaker eine höhere Steifigkeit und höheres Kraftpotential bei vergleichsweise kleineren Wegen auf als elektromagnetische Shaker. Ein weiterer Vorteil liegt im Bereich miniaturisierter Komponenten, wo die Piezo-Technik durch wesentlich höhere Leistungsdichten deutlich kleinere Baugrößen ermöglicht.

Standard-Piezoaktoren sind meist für wesentlich kleinere Dynamik ausgelegt, z. B. für Positionieraufgaben. In gewissem Umfang können Sie mit niedriger Aussteuerung auch zur Schwingungsanregung verwendet werden. Hochdynamische Anregung mit hohen Leistungsdichten bzw. hohen Frequenzen/Beschleunigungen erfordern aber spezielle Anpassungen, um einen zuverlässigen Betrieb zu erreichen.

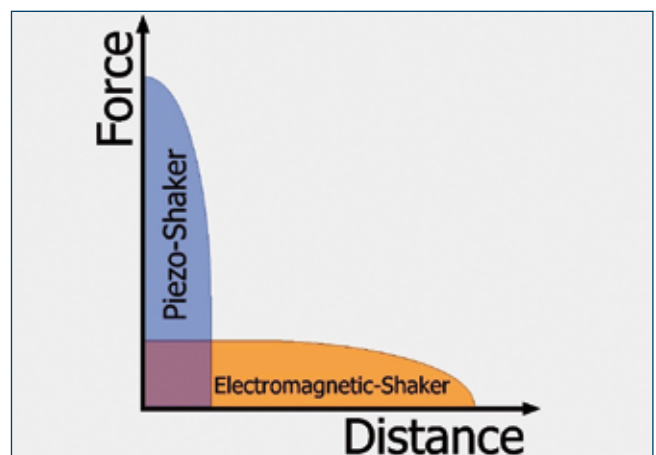


Abb. 5: Arbeitsbereiche piezoelektrische und elektromagnetischer Shaker im Vergleich.

Geo-Shaker:

zur Schwingungs - oder Pulsanregung des Untergrunds und von Gebäuden

- Kopplung zum Untergrund über Basisplatte
- Krafterzeugung: Reaktions-/Beschleunigungskräfte in Verbindung mit der seismischen Masse
- Versorgungselektronik: Schaltverstärker RCV1000/7 (elektrische Spitzenleistung 7 kW)
Spannungen bis 1000 V
- Seismische Masse bis zu 200 kg
(je nach Frequenzabstimmung)
- Max. Schwingungsamplitude 80 μm
- Max. Kraftmodulation ca. +/-15 kN
- Grundresonanz: typisch bei 200 Hz
(je nach seismischer Masse)



Abb. 6: Geoshaker mit seismischer Masse

Mikro-Shaker: Ringtyp

- Montageanordnung: durch Klemmung oder als seismischer Reaktionstyp
- 1. Resonanz bis zu 100 kHz
- max. Amplitude: $\pm 5 \mu\text{m}$ (frequenzabhängig)
- max. Kraftmodulation bis zu 1000 Newton (unter Klemmbedingung)
- max. Betriebsspannung: 150 V
- Elektrische Versorgung: Breitbandverstärker LE150/100 EBW



Abb. 7:
Verschiedene Mikro-Shaker. Fingerhut als Größenvergleich.

Produktbeispiele PiSha

Aktortyp	Betriebsspannung [V]	Schwingungsamplitude* [μm]	Krafterzeugung unter Blockierbedingungen [N]	Erste Eigenfrequenz
PiSha 300/10/3	0 ... 150	1,5	1800	30 kHz
PiSha 1000/35/150**	0 ... 1000	75	$\pm 15'000$ durch seismische Masse	200 Hz
PiSha	0 ... 150	< 5	1000	100 kHz

* frequenzabhängig


** mit seismischer Masse von 80 kg

4. Produktübersicht

4.1. Stapelaktoren

PSSt Serie - Stapelaktoren ohne Gehäuse und ohne Vorspannung


- maximale Kräfteerzeugung bis 50'000 N
- Temperaturbereich von -60°C bis über +200°C

	Typ	max. Hub* [µm]	Länge [mm]	elektrische Kapazität [nF]	Steifigkeit [N/µm]	Resonanzfrequenz [Hz]	
	PSt 1000/10/7	12/7	9	20	300	60	
	PSt 1000/10/20	24/18	18	45	150	40	
	weitere Varianten finden Sie auf www.piezo.eu						
	PSt 1000/35/60	80/60	54	2500	600	20	
PSt 1000/35/80	105/80	72	3300	450	15		

* Hub bei einer Spannung von -200 V bis 1000 V/ 0 bis 1000 V

PSSt VS Serie - Stapelaktoren mit Gehäuse und mit Vorspannung

- Maximale Kräfteerzeugung bis 50'000N
- ideal geeignet für dynamischen Betrieb dank hoher Vorspannung
- Temperaturbereich von -60°C bis über +200°C.


	Typ	max. Hub* [µm]	Länge [mm]	elektrische Kapazität [nF]	Steifigkeit [N/µm]	Resonanzfrequenz [Hz]	
	PSt 1000/10/7 VS18	12/7	24	20	300	40	
	PSt 1000/10/20 VS18	27/20	33	45	150	3 5	
	weitere Varianten finden Sie auf www.piezo.eu						
	PSt 1000/35/150 VS45	200/150	154	570	220	7	
PSt 1000/35/200 VS45	260/200	194	6500	150	4		

* Hub bei einer Spannung von -200 V bis 1000 V/ 0 bis 1000 V

4.2. Ringaktoren

HPSt Serie - Ringaktoren ohne Gehäuse und ohne Vorspannung


- Innenapertur für optische Positionierung und Laseranwendungen
- verbesserte Kühlung durch vergrößerte Oberfläche
- auch als 500 V-Variante mit Durchmessern 10-5 bzw. 15-8 verfügbar

	Typ	max. Hub* [µm]	Länge [mm]	elektrische Kapazität [nF]	Steifigkeit [N/µm]	Resonanzfrequenz [Hz]	
	HPSt 1000/10-5/7	13/8	9	15	210	50	
	HPSt 1000/10-5/20	25/17	18	40	110	35	
	weitere Varianten finden Sie auf www.piezo.eu						
	HPSt 1000/35-25/80	105/80	72	1300	250	12	
HPSt 1000/35-25/100	130/100	90	1800	160	10		

* Hub bei einer Spannung von -200 V bis 1000 V/ 0 bis 1000 V

HPSt VS Serie - Ringaktoren mit Gehäuse und mit Vorspannung

- freie Öffnung
- durch integrierte Vorspannung ideal geeignet für optische Anwendungen mit hoher Dynamik
- auch als 500 V-Variante mit Durchmessern 10-5 bzw. 15-8 verfügbar

	Typ	max. Hub* [µm]	Länge [mm]	elektrische Kapazität [nF]	Steifigkeit [N/µm]	Resonanzfrequenz [Hz]
	HPSt 1000/10-5/7 VS18	12/7	24	15	210	35
	HPSt 1000/10-5/20 VS18	27/20	33	40	110	27
weitere Varianten finden Sie auf www.piezo.eu						
	HPSt 1000/35-25/80 VS45	105/80	89	1300	250	12
	HPSt 1000/35-25/100 VS45	130/100	107	180	160	10

* Hub bei einer Spannung von -200 V bis 1000 V / 0 bis 1000 V

4.3. Piezo-Verstärker

1 / 3-Kanal-Verstärker SVR 1000 – bis zu 1000 V

- für statische und quasistatische Anwendungen
- max. Stromstärke 8 mA
- niedriges Rauschen (~1mV bei 0,47µF Last)
- manuelle Steuerung des DC-offsets

Der SVR 1000 ist verfügbar als Mehrkanal- und Einkanalverstärker. Auf Grund seines niedrigen Spannungsrauschens ist er hervorragend für Positionieraufgaben geeignet, besonders für die Positionierung von Optiken.



Schaltverstärker RCV 1000/3 – bis 1000 V

- Hochleistungs-Schaltverstärkersystem
- max. Stromstärke 3 A
- optional 7 A auf Anfrage
- manuelle Steuerung des DC-offsets

Der RCV 1000/3 ist ein Schaltverstärker mit einer Spitzenleistung von 3kW. Durch die hohen Stromstärken ist er ideal zur dynamischen Ansteuerung großvolumiger Piezoaktoren mit Kapazitäten im µF-Bereich geeignet.



