

# Werkstoffdaten

## Spezifische Parameter der Standardmaterialien

			Ferroelektrisch weiche PZT-Werkstoffe					Ferroelektrisch harte PZT-Werkstoffe					
			Einheit	PIC151	PIC255/ PIC252	PIC155	PIC153	PIC152	PIC181	PIC184	PIC144	PIC241	PIC300
<b>Physikalische und dielektrische Eigenschaften</b>													
Dichte		$\rho$	g/cm <sup>3</sup>	7,80	7,80	7,75	7,60	7,75	7,85	7,75	7,90	7,80	7,75
Curie-Temperatur		$T_C$	°C	250	350	340	160	340	330	320	320	270	370
Koerzitiv-Feldstärke (bei 25 °C)		$E_C$	kV/mm	1,0	1,5	1,0	0,6	0,8					
Relative Permittivitätszahl	in Polungsrichtung	$\epsilon^{T_{33}} / \epsilon_0$		2500	1800	1750	4500	1350	1200	1200	1300	1750	1030
	⊥ zur Polung	$\epsilon^{T_{11}} / \epsilon_0$		1980	1750	1850	3500	1100	1250	1250	1500	1500	960
Dielektrischer Verlustfaktor		$\tan \delta$	10 <sup>-3</sup>	20	20	25	30	15	3	3	3	5	3
<b>Elektromechanische Eigenschaften</b>													
Kopplungsfaktor		$k_p$		0,62	0,62	0,62	0,62	0,48	0,56	0,55	0,60	0,55	0,47
		$k_t$		0,53	0,47	0,48	0,49	0,41	0,46	0,44	0,48	0,45	0,41
		$k_{31}$		0,38	0,35	0,35	0,33	0,25	0,32	0,30	0,30	0,32	0,27
		$k_{33}$		0,69	0,69	0,69	0,72	0,58	0,66	0,63	0,66	0,65	0,57
		$k_{15}$		0,65	0,66	0,65	0,66	0,46	0,63	0,65	0,65	0,63	0,48
Piezoelektrischer Ladungskoeffizient		$d_{31}$	10 <sup>-12</sup> C/N	-210	-180	-165	-295	-90	-120	-99	-105	-140	-85
		$d_{33}$	10 <sup>-12</sup> C/N	500	400	360	600	240	265	220	225	300	190
		$d_{15}$	10 <sup>-12</sup> C/N	610	550	540	780	235	475	421	419	431	248
Piezoelektrischer Spannungskoeffizient		$g_{31}$	10 <sup>-3</sup> Vm/N	-10,1	-11,8	-12,8	-7,9	-8,7	-10,6	-10,7	-10,4	-9,2	-9,3
		$g_{33}$	10 <sup>-3</sup> Vm/N	21,5	25,0	27,9	16,4	23,4	23,0	22,4	23,3	19,9	20,8
		$g_{15}$	10 <sup>-3</sup> Vm/N	33,9	38,4	46,0	23,3	23,7	37,2	35,8	33,9	33,3	29,3
<b>Akustomechanische Eigenschaften</b>													
Frequenzkoeffizient (Serienresonanz fs)		$N_p$	Hz · m	1940	2000	1930	1940	2280	2270	2175	2170	2200	2400
		$N_1$	Hz · m	1500	1420	1500	1380	1570	1640	1590	1620	1590	1700
		$N_3$	Hz · m	1360	1370	1340	1345	1530	1560	1560	1540	1550	1700
		$N_t$	Hz · m	1950	2000	1990	2020	2100	2110	2035	2035	2020	2100
		$N_s$	Hz · m	830	870	820	890	1130	1000	960	960	980	1050
Schallgeschwindigkeiten		$v_1^E$	m/s	3000	2840	3000	2760	3140	3280	3180	3240	3180	3400
		$v_3^D$	m/s	3820	3690	3750	3650	3750	4060	3990	4090	3890	3990
		$v_5^D$	m/s	2290	2340	2340	2260	2500	2400	2090	2450	2440	2330
		$v_t^D$	m/s	3900	4000	3980	4040	4200	4220	4070	4070	4040	4200
Elastischer Nachgiebigkeitskoeffizient		$S_{11}^E$	10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup> /N	16,4	16,0	16,1	17,2	13,1	11,8	12,2	12,4	12,6	11,2
		$S_{33}^E$	10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup> /N	19,4	19,0	19,3	20,0	14,8	13,3	13,7	14,3	14,4	12,0
Elastischer Steifigkeitskoeffizient		$C_{33}^D$	10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup>	15,7	15,4	15,8	15,5	16,6	17,0	15,8	16,6	15,5	16,3
Akustische Impedanz (Druckwelle in Polungsrichtung)		$Z^{33}$	MRayl (=10 <sup>6</sup> kg/m <sup>2</sup> /s)	35,0	34,7	35,0	34,4	35,9	36,6	35,1	36,2	34,9	35,7
Mechanischer Gütefaktor		$Q_m$		100	80	80	50	100	2000	400	1000	500	1400
<b>Temperaturstabilität</b>													
Temperaturkoeffizient von $\epsilon^{T_{33}}$ (im Bereich -20 bis +125 °C)		TK $\epsilon_{33}$	10 <sup>-3</sup> /K	4	3	4	15	2	3	4		3	2
<b>Zeitstabilität (relative Änderung des Parameters pro Zeitdekade in %)</b>													
Relative Dielektrizitätszahl		$C_e$			-1,0	-3,0						-4,0	
Kopplungsfaktor		$C_k$	%		-1,0	-0,5						-2,0	

Modifizierte Werkstoffe auf Anfrage.

Empfohlene Einsatztemperatur:  
bis 50 % der Curie-Temperatur.

Folgende Werte gelten näherungsweise  
für alle PZT-Materialien von PI Ceramic:

Spezifische Wärmekapazität:

WK = ca. 350 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

Spezifische Wärmeleitfähigkeit:

WL = ca. 1,1 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

Poisson'sche Querkontraktion:

$\sigma$  = ca. 0,34

Thermische Ausdehnungskoeffizienten:

$\alpha_3$  = ca. -4 bis -6 × 10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup>

(in Polungsrichtung, kurzgeschlossen)  $\alpha_1$   
= ca. 4 bis 8 × 10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup> (orthogonal zur  
Polungsrichtung, kurzgeschlossen)

Statische Druckfestigkeit:

>600 MPa

Die Daten werden an Prüfkörpern mit den  
nach der Norm EN 50324-2 festgelegten  
geometrischen Abmessungen bestimmt  
und sind typische Werte.

Alle angegebenen Daten werden 24 bis 48  
h nach dem Zeitpunkt der Polarisation bei  
einer Umgebungstemperatur von 23 ± 2 °C  
bestimmt.

Eine vollständige Koeffizientenmatrix der  
einzelnen Werkstoffe ist auf Anfrage  
erhältlich. Bei Fragen zur Interpretation der  
Materialkennwerte wenden Sie sich an PI  
Ceramic.

### PI Ceramic GmbH

Lindenstraße  
07589 Lederhose | Deutschland  
Tel. +49 36604 882-0  
Web [www.piceramic.de](http://www.piceramic.de)

# Werkstoffdaten

## Parameter der porösen Materialien

		Ferroelektrisch weiche PZT-Werkstoffe		
		Einheit	PIC255P63 <sup>1)</sup>	
<b>Physikalische und dielektrische Eigenschaften</b>				
Dichte		$\rho$	g/cm <sup>3</sup>	6,3
Curie-Temperatur		$T_C$	°C	350
Koerzitiv-Feldstärke (bei 25 °C)		$E_c$	kV/mm	
Relative Permittivitätszahl	in Polungsrichtung	$\epsilon^{T_{33}} / \epsilon_0$		970
	⊥ zur Polung	$\epsilon^{T_{11}} / \epsilon_0$		
Dielektrischer Verlustfaktor		$\tan \delta$	10 <sup>-3</sup>	18
<b>Kopplungsfaktor</b>				
		$k_p$		0,35
		$k_t$		0,50
		$k_{31}$		
		$k_{33}$		
		$k_{15}$		
Piezoelektrischer Ladungskoeffizient		$d_{31}$	10 <sup>-12</sup> C/N	
		$d_{33}$	10 <sup>-12</sup> C/N	316
		$d_{15}$	10 <sup>-12</sup> C/N	
Piezoelektrischer Spannungskoeffizient		$g_{31}$	10 <sup>-3</sup> Vm/N	
		$g_{33}$	10 <sup>-3</sup> Vm/N	37
		$g_{15}$	10 <sup>-3</sup> Vm/N	
<b>Akustomechanische Eigenschaften</b>				
Frequenzkoeffizient (Serienresonanz fs)		$N_p$	Hz · m	1790
		$N_i$	Hz · m	
		$N_s$	Hz · m	
		$N_t$	Hz · m	1336
		$N_5$	Hz · m	
Schallgeschwindigkeiten		$v_1^E$	m/s	
		$v_3^D$	m/s	
		$v_5^D$	m/s	
		$v_t^D$	m/s	2670
Elastischer Nachgiebigkeitskoeffizient		$S_{11}^E$	10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup> /N	
		$S_{33}^E$	10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup> /N	
Elastischer Steifigkeitskoeffizient		$C_{33}^D$	10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup>	
Akustische Impedanz (Druckwelle in Polungsrichtung)		$Z^{33}$	MRayl (=10 <sup>6</sup> kg/m <sup>2</sup> /s)	16,8
Mechanischer Gütefaktor		$Q_m$		20
<b>Temperaturstabilität</b>				
Temperaturkoeffizient von $\epsilon^{T_{33}}$ (im Bereich -20 bis +125 °C)		TK $\epsilon_{33}$	10 <sup>-3</sup> /K	
<b>Zeitstabilität (relative Änderung des Parameters pro Zeitdekade in %)</b>				
Relative Dielektrizitätszahl		$C_\epsilon$		
Kopplungsfaktor		$C_k$	%	

Modifizierte Werkstoffe auf Anfrage.

<sup>1)</sup> Poröse Keramik, vorläufige Daten, Änderungen vorbehalten

Empfohlene Einsatztemperatur:  
bis 50 % der Curie-Temperatur.

Folgende Werte gelten näherungsweise für alle PZT-Materialien von PI Ceramic:

Spezifische Wärmekapazität:  
WK = ca. 350 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

Spezifische Wärmeleitfähigkeit:  
WL = ca. 1,1 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

Poisson'sche Querkontraktion:  
 $\sigma$  = ca. 0,34

Thermische Ausdehnungskoeffizienten:  
 $\alpha_3$  = ca. -4 bis -6 × 10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup>  
(in Polungsrichtung, kurzgeschlossen)  $\alpha_1$   
= ca. 4 bis 8 × 10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup> (orthogonal zur Polungsrichtung, kurzgeschlossen)

Statische Druckfestigkeit:  
>600 MPa

Die Daten werden an Prüfkörpern mit den nach der Norm EN 50324-2 festgelegten geometrischen Abmessungen bestimmt und sind typische Werte.

Alle angegebenen Daten werden 24 bis 48 h nach dem Zeitpunkt der Polarisierung bei einer Umgebungstemperatur von 23 ±2 °C bestimmt.

Eine vollständige Koeffizientenmatrix der einzelnen Werkstoffe ist auf Anfrage erhältlich. Bei Fragen zur Interpretation der Materialkennwerte wenden Sie sich an PI Ceramic.

### PI Ceramic GmbH

Lindenstraße  
07589 Lederhose | Deutschland  
Tel. +49 36604 882-0  
E-Mail [info@piceramic.de](mailto:info@piceramic.de)  
Web [www.piceramic.de](http://www.piceramic.de)

# Werkstoffdaten

## Parameter der bleifreien Materialien

		BNT-Werkstoffe			KNN-Werkstoffe		
		Einheit	PIC700 <sup>1)</sup>	PIC701 <sup>1)</sup>	PIC753 <sup>1)</sup>	PIC758 <sup>2)</sup>	
<b>Physikalische und dielektrische Eigenschaften</b>							
Dichte		$\rho$	g/cm <sup>3</sup>	5,7	5,7	4,8	4,8
Curie-Temperatur		$T_c$	°C	190 <sup>3)</sup>	230 <sup>3)</sup>	300	290
Koerzitiv-Feldstärke		$E_c$	kV/mm	2,8	3,9	1,1	1,2
Relative Permittivitätszahl	in Polungsrichtung	$\epsilon^{T_{33}} / \epsilon_0$		680	542	1341	850
	⊥ zur Polung	$\epsilon^{T_{11}} / \epsilon_0$		655	629	1222	950
Dielektrischer Verlustfaktor		$\tan \delta$	10 <sup>-3</sup>	30	30	13	20
<b>Elektromechanische Eigenschaften</b>							
Kopplungsfaktor		$k_p$		0,14	0,13	0,53	0,43
		$k_t$		0,41	0,39	0,45	0,42
		$k_{31}$		0,09	0,08	0,30	0,27
		$k_{33}$		0,43	0,37	0,59	0,57
		$k_{15}$		0,25	0,31	0,58	0,55
Piezoelektrischer Ladungskoeffizient		$d_{31}$	10 <sup>-12</sup> C/N	-20	-17	-118	-75
		$d_{33}$	10 <sup>-12</sup> C/N	100	71	241	170
		$d_{15}$	10 <sup>-12</sup> C/N	90	108	316	287
Piezoelektrischer Spannungskoeffizient		$g_{31}$	10 <sup>-3</sup> Vm/N	-3,3	-3,5	-9,9	-9,9
		$g_{33}$	10 <sup>-3</sup> Vm/N	16,0	14,8	20,0	22,5
		$g_{15}$	10 <sup>-3</sup> Vm/N	14,5	19,4	29,2	34,1
<b>Akustomechanische Eigenschaften</b>							
Frequenzkoeffizient (Serienresonanz fs)		$N_p$	Hz · m	2984	3071	2869	
		$N_1$	Hz · m	2228	2302	2065	2296
		$N_3$	Hz · m	2420	2403	2445	2582
		$N_t$	Hz · m	2576	2503	2739	2803
		$N_5$	Hz · m	1516	1535	1555	1315
Elastischer Nachgiebigkeitskoeffizient		$S_{11}^E$	10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup> /N	8,8	8,2	12,2	9,8
		$S_{33}^E$	10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup> /N	9,1	7,5	13,6	11,6
Elastischer Steifigkeitskoeffizient		$C_{33}^D$	10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup>	15,1	13,5	17,2	17,8
Mechanischer Gütefaktor		$Q_m$		100	100	200	585
<b>Temperaturstabilität</b>							
Temperaturkoeffizient von $\epsilon^{T_{33}}$ (im Bereich -20 bis +125 °C)		$TK_{\epsilon_{33}}$	10 <sup>-3</sup> /K				
<b>Zeitstabilität (relative Änderung des Parameters pro Zeitdekade in %)</b>							
Relative Dielektrizitätszahl		$C_\epsilon$					
Kopplungsfaktor		$C_k$	%				

Modifizierte Werkstoffe auf Anfrage.  
Die Werkstoffe haben noch keine Serienfreigabe.

Die Zuverlässigkeit der bleifreien Werkstoffe muss in jedem Anwendungsfall erneut geprüft werden. Sie kann sich von der Zuverlässigkeit bleihaltiger Werkstoffe unterscheiden.

- 1) Vorläufige Daten, Änderungen vorbehalten
- 2) Werkstoff in der Entwicklung, keine Spezifikationen
- 3) Depolarisationstemperatur

Folgende Werte gelten näherungsweise für bleifreie Materialien von PI Ceramic:

Spezifische Wärmekapazität:

WK KNN = ca. 420 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

WK BNT = ca. 101 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

Spezifische Wärmeleitfähigkeit:

WL KNN = ca. 2,5 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

WL BNT = ca. 1,4 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

Die Daten werden an Prüfkörpern mit den nach der Norm EN 50324-2 festgelegten geometrischen Abmessungen bestimmt und sind typische Werte.

Alle angegebenen Daten werden 24 bis 48 h nach dem Zeitpunkt der Polarisation bei einer Umgebungstemperatur von 23 ± 2 °C bestimmt.

Eine vollständige Koeffizientenmatrix der einzelnen Werkstoffe ist auf Anfrage erhältlich. Bei Fragen zur Interpretation der Materialkennwerte wenden Sie sich an PI Ceramic.

### PI Ceramic GmbH

Lindenstraße

07589 Lederhose | Deutschland

Tel. +49 36604 882-0

E-Mail [info@piceramic.de](mailto:info@piceramic.de)

Web [www.piceramic.de](http://www.piceramic.de)