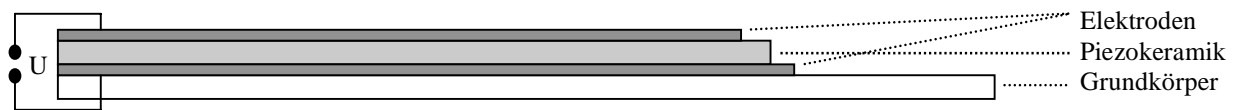


ANSYS 8.1 (Mikrosystementwurf)

12. Beispiel

Die elastische, statische Verformung eines Piezobiegers im konstanten, elektrischen Feld ist zu untersuchen. Der Aktor ist schichtweise aufgebaut; er setzt sich aus einem Grundkörper, 2 Elektroden und einer Piezokeramik zusammen. Beachten Sie, dass die monomorphe Piezoschicht anisotrop ist.



Wegen der elektrisch-mechanischen Kopplung (Element SOLID98) verwenden wir im Gegensatz zu den bisher bearbeiteten Beispielen das originale, metrische Einheitensystem mit den Maßeinheiten (m , kg , s , Pa , kg/m^3 , V , A).

ANSYS Utility Menu

- > File
- > Change Jobname "Piezobieger", OK
- > File
- > Change Title "Piezoaktor", OK

ANSYS Main Menu

- > Preprocessor
- > Element Type > Add/Edit/Delete
- > Add
- > Coupled Field > Scalar Tet 98, Apply
- > Solid > Tet 10node 92, Apply
- > Shell > Elastic 8node 93, OK
- > Close

Elementtyp: SOLID 98
Elementtyp: SOLID 92
Elementtyp: SHELL 93

- > Material Props
 - > Material Models
 - > Structural > Linear > Elastic
 - > Anisotropic
- Anisotropic Elastic Matrix Options "Stiffness form"

Materialparameter

(Piezowerkstoff, anisotrop)

Eingabe der Steifigkeitsmatrix

	1	2	3	4	5	6	
	1	"1.35e11"	"6.74e10"	"6.81e10"	"0"	"0"	"0"
	2		"1.31e11"	"6.74e10"	"0"	"0"	"0"
$[D]$	= 3			"1.35e11"	"0"	"0"	"0"
	4				"2.22e10"	"0"	"0"
	5					"2.22e10"	"0"
	6						"3.36e10"

[Pa]

OK

Erläuterung:

Linear elastische Piezowerkstoffe weisen in Anlehnung an die Cauchy-Beziehungen bei mechanisch-thermischen Belastungen konstitutive Gleichungen folgenden Typs auf:

$$\{t\} = [D]\{\varepsilon\} - [e]\{E\}$$

Das Symbol

$$\{t\}^T = \{\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{xz}\}$$

steht für die Zusammenfassung aller Komponenten des mechanischen Spannungstensors in Form des 6-dimensionalen Spannungsvektors, eine analoge Struktur gilt für den Dehnungsvektor,

$$\{\varepsilon\}^T = \left\{ \varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}, \varepsilon_{zz}, \frac{1}{2}\gamma_{xy}, \frac{1}{2}\gamma_{yz}, \frac{1}{2}\gamma_{xz} \right\}$$

welcher alle Werte des Deformationstensors in einem Vektor vereinigt.

$[D]$ charakterisiert die elastischen Kennwerte des i. Allg. anisotropen Materials

$[e]$ ist die piezoelektrische Matrix, welche die Wandlung zwischen elektrischen und mechanischen Lasten bzw. Reaktionen beschreibt

$\{E\}$ symbolisiert den Vektor des räumlichen, elektrischen Feldes

> Piezoelectrics > Piezoelectric matrix
Piezoelectric Matrix Options "Piezoelectric stress matrix"

Eingabe der piezoelektrischen Matrix:

	X	Y	Z	
X	"0"	"-1.86"	"0"	
Y	"0"	"9.8"	"0"	
Z	"0"	"-1.86"	"0"	[As/m ²]
XY	"9.8"	"0"	"0"	
YZ	"0"	"0"	"9.8"	
XZ	"0"	"0"	"0"	

OK

> Electromagnetics > Relative Permittivity > Anisotropic
Permittivity Matrix Options "Permittivity matrix at constant strain"
EP11 "350", EP22 "400", EP33 "350", OK Permittivitätszahlen

> Material > New Model Materialparameter:
Define Material ID "2", OK (Si-Grundkörper)
> Structural > Linear > Elastic
> Isotropic, EX "1.2e11", PRXY "0.42", OK Elastizitätsmodul [Pa]
Querdehnzahl

> Material > New Model Materialparameter:
Define Material ID "3", OK (Elektroden)
> Structural > Linear > Elastic
> Isotropic, EX "9.5e10", PRXY "0.33", OK Elastizitätsmodul [Pa]
Querdehnzahl

> Material > Exit

> Real Constants > Add/Edit/Delete > Add Parameter:
Choose Element Type "Type 3 SHELL 93", OK (Schalenelement)
Real Constant Set No. "1"
Shell thickness at node I "1e-7", OK, Close konstante Schalendicke

ANSYS Toolbar

> SAVE_DB

Menüleiste rechts: Perspektive "Isometric View" wählen

ANSYS Main Menu

> Preprocessor > Modelling > Create Geoemtrie:
> Volumes > Block > By Dimensions

X1, X2 X-coordinates "0, 2e-4"
Y1, Y2 Y-coordinates "0, 2e-6"
Z1, Z2 Z-coordinates "0, 5e-5", Apply

Grundkörper:
[m]

X1, X2 X-coordinates "0, 1.55e-4"
Y1, Y2 Y-coordinates "2e-6, 2.1e-6"
Z1, Z2 Z-coordinates "5e-6, 4.5e-5", Apply

Elektrode (unten):
[m]

X1, X2 X-coordinates "0, 1.5e-4"
Y1, Y2 Y-coordinates "2.1e-6, 4.1e-6"
Z1, Z2 Z-coordinates "1e-5, 4e-5", Apply

Piezoschicht:
[m]

X1, X2 X-coordinates "0, 1.45e-4"
Y1, Y2 Y-coordinates "4.1e-6, 4.2e-6"
Z1, Z2 Z-coordinates "1.5e-5, 3.5e-5", OK

Elektrode (oben):
[m]

ANSYS Toolbar

> SAVE_DB

ANSYS Utility Menu

> Select > Everything

ANSYS Main Menu

> Modeling > Operate > Booleans
> Glue > Volumes, Pick All

Verschmelzung von
Kontaktflächen

> Meshing > Size Cntrls > Manual Size
> Global > Size
Element edge length "5e-6", OK

globale Elementgröße [m]

Menüleiste rechts: Perspektive "Left View" wählen,
Vergrößern "Zoom In"

ANSYS Main Menu

> Meshing > Mesh Attributes > Picked Volume

Zuweisung von Elementtyp,
und Material zu den Blöcken

Grundkörper (Volume 5) anklicken, Apply
Material number "2",

Grundkörper (Si):
Material

Element type number "2 SOLID 92", OK

Elementtyp

Piezoschicht (Volume 7) anklicken, Apply
Material number "1",
Element type number "1 SOLID 98", OK

Piezoschicht:
Material
Elementtyp

Elektroden (Volume 4 + 6) anklicken, Apply
Material number "3",
Element type number "3 SHELL 93",
Real Constant set number "1", OK

Elektroden:
Material
Elementtyp
Parameter

ANSYS Utility Menu

> List > Volumes
Liste zur Kontrolle der Zuordnungen von
Elementtyp und Material zu den Blöcken
> File > Close

ANSYS Toolbar

> SAVE_DB

ANSYS Utility Menu

> Select > Everything

ANSYS Main Menu

> Meshing > Mesh > Areas > Free, Pick All
> Meshing > Mesh > Volumes > Free
Grundkörper und Piezoschicht anklicken, OK
Modify Mesh > Improve Tets > Volumes
Grundkörper und Piezoschicht anklicken, OK, OK

Vernetzung: Flächen

Vernetzung: Volumina

verbesserte Vernetzung

ANSYS Utility Menu

> Select > Everything
> Select > Entities
"Volumes" + "Num/Pick" + "From Full", Apply
List of Items "6", OK
"Areas" + "Attached to" + "Volumes" + "Reselect", Apply
"Elements" + "Attached to" + "Areas" + "Reselect", Apply
"Nodes" + "Attached to" + "Elements" + "Reselect", OK
> Select > Comp/Assembly > Create Component
Component name "bottom",
Component is made of "Nodes", OK

untere Elektrode (bottom):
Flächen zum Block 2
Schalenelemente
Elementknoten

Komponente:
Knoten der unteren
Elektrode

ANSYS Main Menu

> Preprocessor > Coupling/Ceqn
> Couple DOFs, Pick All

Set reference number "1",
Degree-of-freedom label " VOLT", OK

elektr.-mech. Kopplung:
nichtmechanische
Freiheitsgrade
(Referenznr. 1)
elektrische Spannung

ANSYS Utility Menu

> Select > Everything
> Select > Entities
"Volumes" + "Num/Pick" + "From Full", Apply
List of Items "4", OK
"Areas" + "Attached to" + "Volumes" + "Reselect", Apply
"Elements" + "Attached to" + "Areas" + "Reselect", Apply

obere Elektrode (top):
Flächen zum Block 4
Schalenelemente

"Nodes" + "Attached to" + "Elements" + "Reselect", OK
> Select > Comp/Assembly > Create Component
Component name "top",
Component is made of "Nodes", OK

Elementknoten

Komponente:
Knoten der oberen Elektrode

ANSYS Main Menu

> Preprocessor > Coupling/Ceqn
> Couple DOFs, Pick All

elektr.-mech.. Kopplung:
nichtmechanische
Freiheitsgrade
(Referenznr. 2)
elektrische Spannung

Set reference number "2",
Degree-of-freedom label " VOLT", OK

ANSYS Utility Menu

> Select > Everything

ANSYS Main Menu

> Solution > Analysis Type > New Analysis
Type of analysis "Static", OK

ANSYS Utility Menu

> Select > Entities
"Nodes" + "By Location" + " X coordinates" +
Min,Max "0" + "From Full", Apply

alle Knoten auf den hinteren
Stirnseiten der Anordnung

ANSYS Main Menu

> Solution > Define Loads > Apply
> Structural > Displacements
> On Nodes, Pick All
DOFs to be constrained "UX,UY,UZ", OK

feste Einspannung

ANSYS Utility Menu

> Select > Everything
> Select Comp/Assembly > Select Comp/Assembly
Select component/assembly "by component name", OK
Comp/Assemb to be selected "BOTTOM",
Type of selection "From full set", OK

Auswahl untere Elektrode:
(Komponente "bottom")

ANSYS Main Menu

> Solution > Define Loads > Apply
> Electric > Boundary > Voltage > On Nodes, Pick All
Load VOLT value "0", OK

elektrische Spannung
[V]

ANSYS Utility Menu

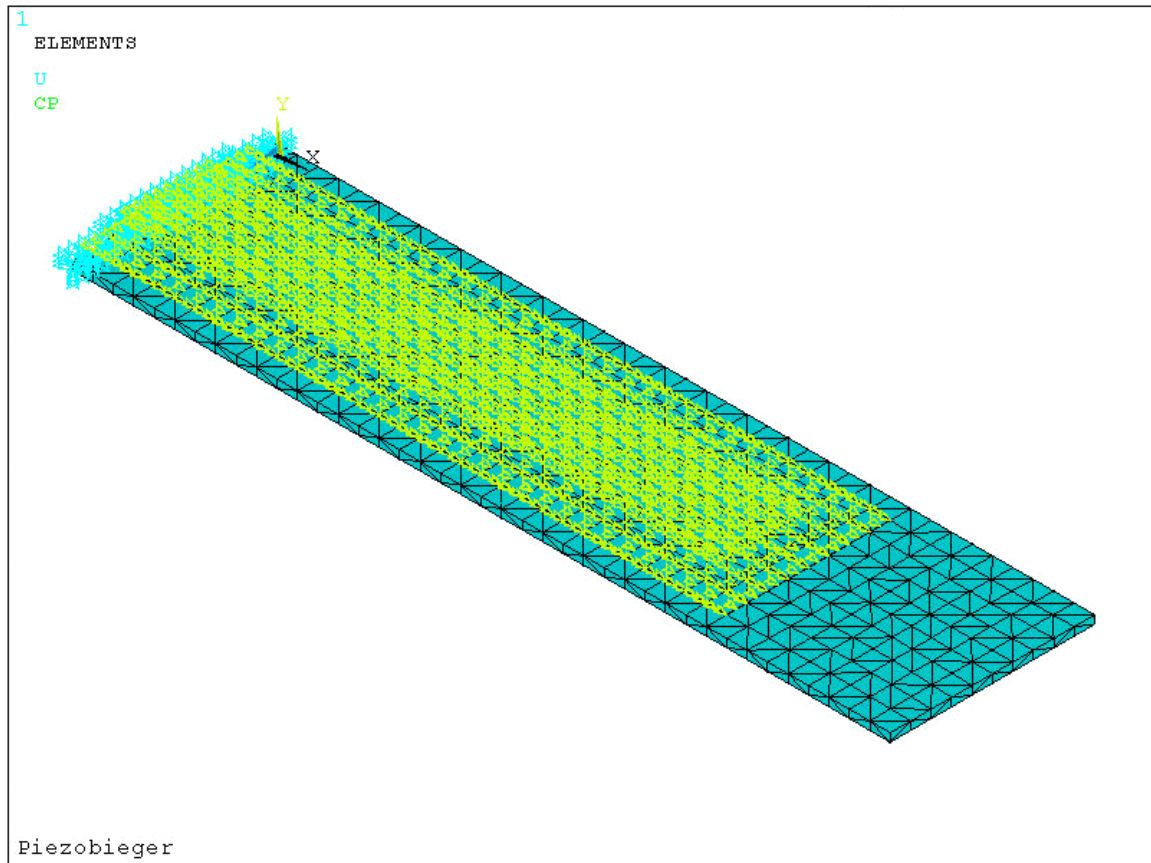
> Select Comp/Assembly > Select Comp/Assembly
Select component/assembly "by component name", OK
Comp/Assemb to be selected "TOP",
Type of selection "From full set", OK

Auswahl obere Elektrode:
(Komponente "top")

ANSYS Main Menu

- > Solution > Define Loads > Apply
- > Electric > Boundary > Voltage > On Nodes, Pick All
- Load VOLT value "50", OK

elektrische Spannung
[V]



ANSYS Utility Menu

- > Select > Everything

Menüleiste rechts: Perspektive "Isometric View" wählen
Verkleinern "Zoom Out"

ANSYS Main Menu

- > Solution > Solve
- > Current LS
- (⇒ /STAT Command) > File, Close
- (⇒ Solve Current Load Step), OK

Solution is done !

- > Close

Hinweis: Warnungen können ignoriert werden; der Elementtyp SOLID98 schließt auch thermische und magnetische Freiheitsgrade ein, deren Parameter nicht definiert wurden.

ANSYS Main Menu

> General Postproc

> Plot Results

Deformed Shape, Items to be plotted "Def+undeformed", OK

Aufgabe:

Machen Sie sich im ANSYS Utility Menu unter dem Menüpunkt > Help > Help Topics mit den Beschreibungen zu den Elementtypen SOLID 98, SOLID 92 und SHELL 93 vertraut.

ANSYS Utility Menu

> File > Exit

"Save Geom+Loads", OK