

12 Anhang

Übersicht Anhang:

Anhang 1: Materialdaten

Tabelle A.1: Temperaturabhängige Materialdaten für (110)-Silizium

Tabelle A.2: Temperaturabhängige Materialdaten für Siliziumdioxid

Tabelle A.3: Temperaturabhängige anisotrope Materialdaten für Silizium

Anhang 2: Berechnete Temperaturverteilung an der Sensoroberfläche

Bild A.1: (Wärmequellen: $3 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ in Sensormitte $2 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ am Rand, mit Wärmesenken)

Bild A.2: (Wärmequellen: $5 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ in Sensormitte $2 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ am Rand, mit Wärmesenken)

Bild A.3: (Wärmequellen: $5 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ in Sensormitte $3 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ am Rand, mit Wärmesenken, $T_{\text{Rand}} = 10^\circ\text{C}$)

Bild A.4: (Wärmequellen: $5 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ in Sensormitte $3 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ am Rand, mit Wärmesenken, $T_{\text{Rand}} = 30^\circ\text{C}$)

Bild A.5: (Wärmequellen: $6 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ in Sensormitte $3 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ am Rand, mit Wärmesenken)

Anhang 3: Konvergenzverhalten bei der Strömungssimulation

Bild A.6: Konvergenzverhalten bei der gekoppelten Berechnung des Temperaturfeldes in Abhängigkeit des Geschwindigkeitsfeldes

Anhang 4: Eingabedateien

A4.1: Zweidimensionales strukturmechanisches Modell

A4.2: Dreidimensionales strukturmechanische Modell

A4.3: Statischer Berechnungslauf

A4.4: Modalanalyse

A4.5: Zweidimensionales Geometriemodell zur gekoppelten Berechnung

A4.6: Strömungsmechanisches Modell in FIDAP

A4.7: 'awk'-Konvertierungsprogramm

Materialdaten:

Temperatur [°C]	E-Modul [N/m ²]	Poissonzahl	Dichte [kg/m ³]	Wärmeausdehnungs- koeffizient [1/K]
0	$1,66 \cdot 10^{11}$	0,0624	2329,4	$2,33 \cdot 10^{-6}$
25	$1,656 \cdot 10^{11}$	0,0624	2329	$2,61 \cdot 10^{-6}$
50	$1,653 \cdot 10^{11}$	0,0624	2328,5	$2,75 \cdot 10^{-6}$
75	$1,649 \cdot 10^{11}$	0,0624	2328	$2,93 \cdot 10^{-6}$
100	$1,645 \cdot 10^{11}$	0,0624	2327,5	$3,10 \cdot 10^{-6}$
125	$1,641 \cdot 10^{11}$	0,0624	2326,9	$3,25 \cdot 10^{-6}$

Tab. A.1: Temperaturabhängige Materialdaten für (110)-Silizium.

Temperatur [°C]	E-Modul [N/m ²]	Poissonzahl	Dichte [kg/m ³]	Wärmeausdehnungs- koeffizient [1/K]
0	$0,728 \cdot 10^{11}$	0,17	2200	$0,6 \cdot 10^{-6}$
25	$0,73 \cdot 10^{11}$	0,17	2200	$0,609 \cdot 10^{-6}$
100	$0,74 \cdot 10^{11}$	0,17	2200	$0,609 \cdot 10^{-6}$
200	$0,75 \cdot 10^{11}$	0,17	2200	$0,595 \cdot 10^{-6}$

Tab. A.2: Temperaturabhängige Materialdaten für Siliziumdioxid.

Temperatur	c_{11} [N/m ²]	c_{12} [N/m ²]	c_{44} [N/m ²]
25	$1,656 \cdot 10^{11}$	$0,639 \cdot 10^{11}$	$0,795 \cdot 10^{11}$
50	$1,652 \cdot 10^{11}$	$0,637 \cdot 10^{11}$	$0,793 \cdot 10^{11}$
75	$1,648 \cdot 10^{11}$	$0,6355 \cdot 10^{11}$	$0,7915 \cdot 10^{11}$
100	$1,644 \cdot 10^{11}$	$0,634 \cdot 10^{11}$	$0,79 \cdot 10^{11}$

Tab. A.3: Temperaturabhängige anisotrope Materialdaten für Silizium.

Berechnete Temperaturverteilung an der Sensoroberfläche:

Nachfolgend sind Temperaturverteilungen an der Sensoroberfläche für verschiedene Wärmequellen und -senken dargestellt.

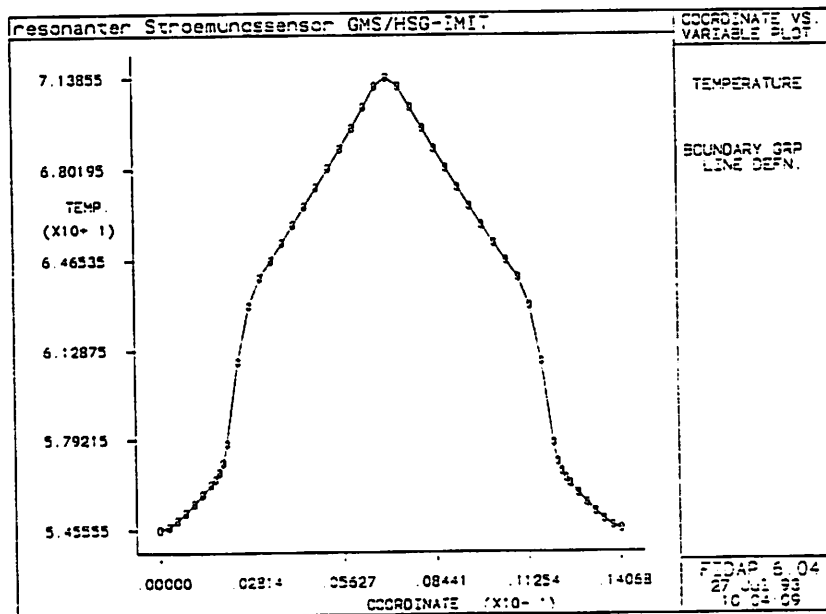


Bild A.1: Temperaturverteilung an der Sensoroberfläche (Wärmequellen: $3 \cdot 10^9$ W/m² in Sensormitte $2 \cdot 10^9$ W/m² am Rand, mit Wärmesenken)

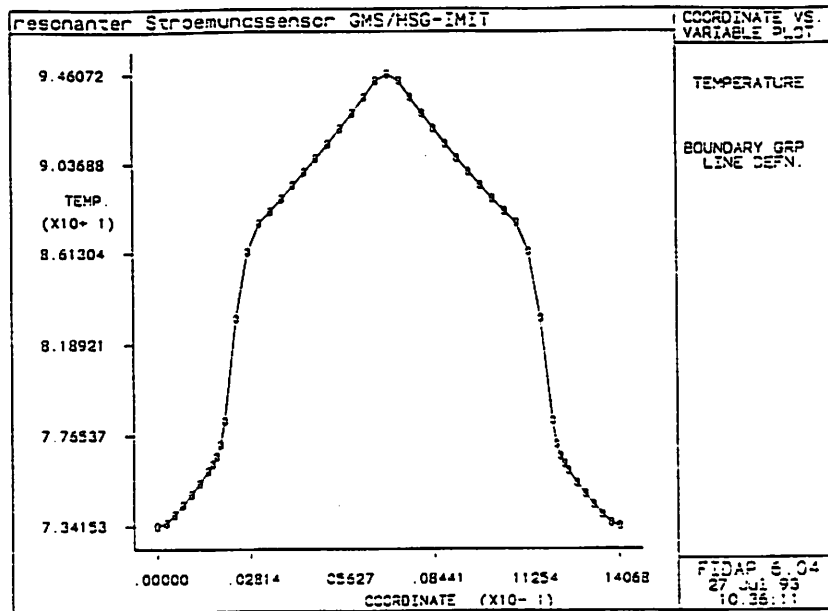


Bild A.2: Temperaturverteilung an der Sensoroberfläche (Wärmequellen: $5 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ in Sensormitte, $2 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ am Sensorrand, mit Wärmesenken)

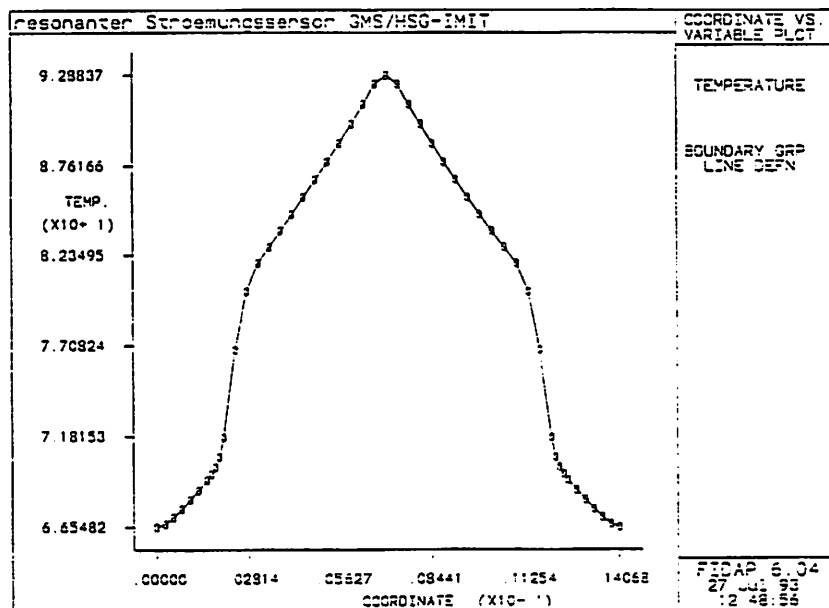


Bild A.3: Temperaturverteilung an der Sensoroberfläche (Wärmequellen: $5 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ Mitte, $3 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ Rand, mit Wärmesenken, $T_{\text{Rand}} = 10^\circ\text{C}$)

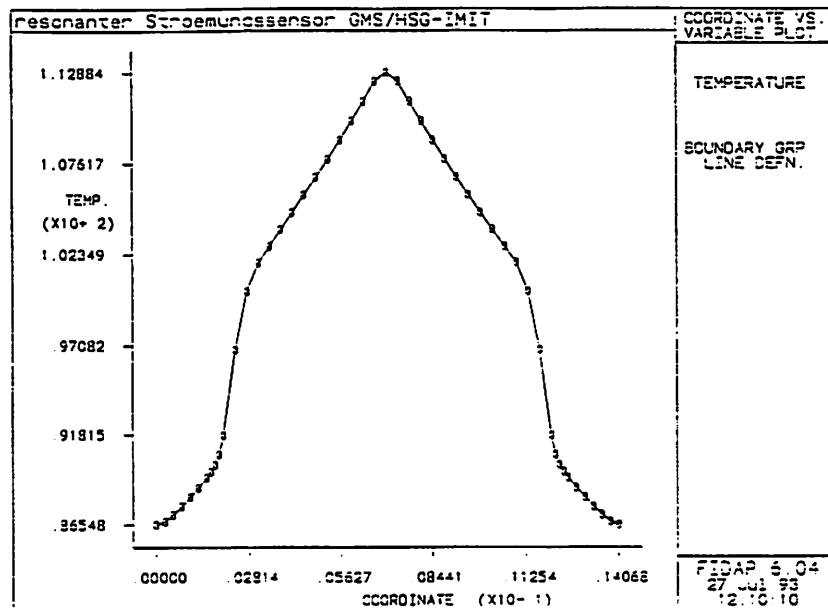


Bild A.4: Temperaturverteilung an Sensoroberfläche (Wärmequellen: $5 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ Mitte, $3 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ Rand, mit Wärmesenken, $T_{\text{Rand}} = 30^\circ\text{C}$)

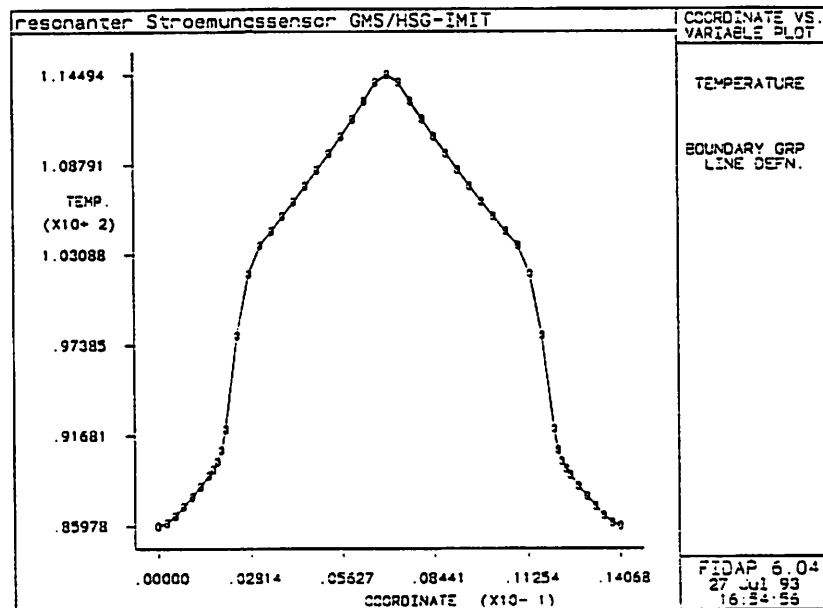


Bild A.5: Temperaturverteilung an der Sensoroberfläche (Wärmequellen: $6 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ in Sensormitte, $3 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ am Sensorrand, mit Wärmesenken)

Konvergenzverhalten bei der Strömungssimulation:

Um bei der Simulation realistische Werte zu erhalten, muß zum einen das physikalische Modell korrekt abgebildet werden. Zum anderen müssen die richtigen numerischen Berechnungsmethoden gewählt werden um gute Berechnungsergebnisse zu erlangen. Ein Kriterium für die Qualität einer numerischen Methode ist die Konvergenz. Anhand des Konvergenzverlaufs während einer numerischen Berechnung, kann man ein Verfahren beurteilen. In **Bild A.6** ist das Konvergenzverhalten für die drei Freiheitsgrade U = x-Komponente der Geschwindigkeit, V = y-Komponente der Geschwindigkeit und T = Temperatur bei der Berechnung des Temperaturfeldes in Abhängigkeit des Geschwindigkeitsfeldes dargestellt.

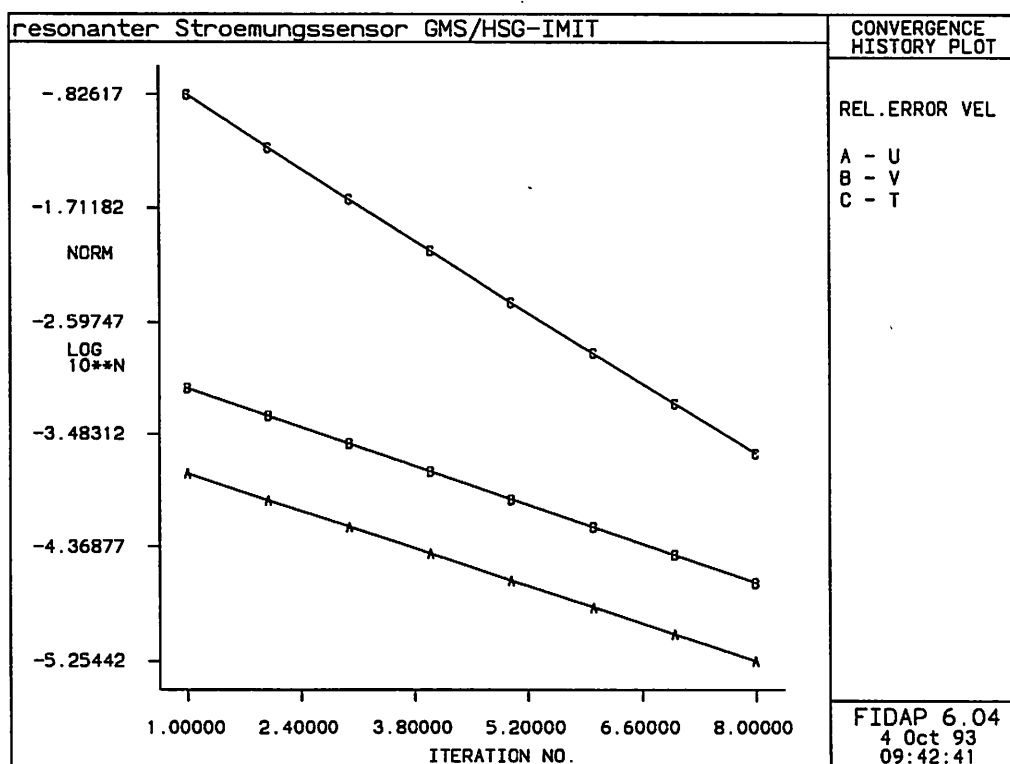


Bild A.6: Konvergenzverhalten bei der gekoppelten Berechnung des Temperaturfeldes in Abhängigkeit des Geschwindigkeitsfeldes

Eingabedateien:

Im folgenden werden die Eingabedateien, die die geometrischen Modelle enthalten, aufgelistet.

A3.1: Eingabedatei für das zweidimensionale strukturmechanische Modell:

```
/com Datei: struc2d.geo

/com Silizium-Einfachbalken
/com thermisch angeregter Strömungssensor
/com
/com Materialwerte in einem separaten File

/title, Stroemungssensor
/sho,x11

/com ----- Strukturparameter (alle Masse in m)
BALA=10e-3      !Laenge des Balkens
BADI=50e-6      !Dicke des Balkens
WADI=380e-6     !Dicke des Wafers
BAAU=0.234e-3   !Balkenaufhängung
BAVO=1.8e-3     !Blakenvorlauf
PADI=1.5e-6     !Dicke der SiO2-Passivierungsschicht

/com ----- Hilfsparameter
dvs0=1         !Elementierung
dvs1=2
dvs2=3
dvs3=4
dvs4=5
dvs5=6
dvs6=7
dvs7=8
dvs8=9
dvs9=13

x1=-BALA/2
x2=-BALA/2-BAAU
x3=-BALA/2-BAAU-BAVO

y1=WADI-BADI
y2=WADI-PADI
y3=WADI

/com ----- Geometrie erstellen
/com ----- Keypoints
k,1,x3,0
k,2,x3,y1
k,3,x3,y2
k,4,x3,y3
k,5,x2,0
k,6,x1,y1
k,7,x1,y2
k,8,x1,y3
k,9,0,y1
```

```

k,10,0,y2
k,11,0,y3

/com ----- Linien
l,1,5,dvs7
l,6,2,dvs7
l,7,3,dvs7
l,8,4,dvs7
l,6,9,dvs9
l,10,7,dvs9
l,11,8,dvs9
l,2,1,dvs4
l,5,6,dvs4
l,3,2,dvs1
l,6,7,dvs1
l,9,10,dvs1
l,4,3,dvs0
l,7,8,dvs0
l,10,11,dvs0

/com ----- Flächen
a,1,5,6,2
a,6,7,3,2
a,7,8,4,3
a,6,9,10,7
a,10,11,8,7

/com ----- Vernetzung
/com ----- Elementtyp
et,1,42
r,1

/com ----- Siliziumstruktur vernetzen
mat,1
type,1
real,1
eshape,2      !Es werden nur Viereckelemente verwendet
amesh,1,2
amesh,4

/com ----- Siliziumdioxidschicht vernetzen
mat,2
type,1
real,1
amesh,3
amesh,5

/com ----- Spiegeln der Struktur an der y-Achse
arsym,x,all

/com ----- Mergen der Knoten die übereinander liegen
nummrg,node,1e-12 !Genuegend kleinen Wert waehlen

fini

```



```

/solu
/com ----- Rand- und Anfangsbedingungen definieren
/com ----- Einspannung des Sensors
nsl,s,loc,y,0
d,all,ux,0
d,all,uy,0
allsel

/com ----- Master Degrees of Freedom
total,50,1

/com ----- Wavefront wird minimiert
wsort

/com ----- Definition der Analyseart
antype,static
nlgeom,on
sstif,on
pstres,on

/com ----- Definition des ersten Lastschrittes
tref,0
outr,all,all
nsubst,1,1

/com ----- Abspeichern des Modells
save

/com *****

```

A3.2: Eingabedatei für das dreidimensionale strukturmechanische Geometriemodell:

```

/com Datei: struc3d.geo

/com Silizium-Einfachbalken
/com thermisch angeregter Stroemungssensor
/com

/title, Stroemungssensor
/sho,x11

/com ----- Strukturparameter (alle Masse in m)
BALA=10e-3      !Laenge des Balkens
BADI=50e-6      !Dicke des Balkens
BABR=1e-3       !Breite des Balkens
WADI=380e-6     !Dicke des Wafers
BAAU=0.234e-3   !Balkenaufhaengung
BAVO=1.8e-3     !Blakenvorlauf
PADI=1.5e-6     !Dicke der SiO2 Passivierungsschicht

/com ----- Hilfsparameter
dvs0=1          !Elementierung
dvs1=2
dvs2=3
dvs3=4
dvs4=5
dvs5=6
dvs6=7

```

dvs7=8
dvs8=9
dvs9=13

x1=-BALA/2
x2=-BALA/2-BAAU
x3=-BALA/2-BAAU-BAVO

y1=WADI-BADI
y2=WADI-PADI
y3=WADI
y4=y/2

z1=BABR
z2=z1/2

/com ----- Geometrie erstellen
/com ----- Keypoints

k,1,x3,0
k,2,x3,y1
k,3,x3,y2
k,4,x3,y3
k,5,x2,0
k,6,x1,y1
k,7,x1,y2
k,8,x1,y3
k,9,0,y1
k,10,0,y2
k,11,0,y3

/com ----- Linien

l,1,5,dvs7
l,6,2,dvs7
l,7,3,dvs7
l,8,4,dvs7
l,6,9,dvs9
l,10,7,dvs9
l,11,8,dvs9
l,2,1,dvs4
l,5,6,dvs4
l,3,2,dvs1
l,6,7,dvs1
l,9,10,dvs1
l,4,3,dvs0
l,7,8,dvs0
l,10,11,dvs0
lgen,2,all,,,,,BABR,100
l,1,101,dvs4
l,2,102,dvs4
l,3,103,dvs4
l,4,104,dvs4
l,5,105,dvs4
l,6,106,dvs4
l,7,107,dvs4
l,8,108,dvs4
l,9,109,dvs4
l,10,110,dvs4
l,11,111,dvs4

```

/com ----- Volumen
v,101,105,5,1,102,106,6,2
v,102,106,6,2,103,107,7,3
v,103,107,7,3,104,108,8,4
v,106,109,9,6,107,110,10,7
v,107,110,10,7,108,111,11,8

/com ----- Vernetzung
/com ----- Elementtyp
et,1,64,,,0
r,1

/com ----- Siliziumstruktur vernetzen
mat,1
type,1
real,1
eshape,2      !Es werden nur Viereckelemente verwendet
vmesh,1,2
vmesh,4

/com ----- Siliziumdioxidschicht vernetzen
mat,2
type,1
real,1
vmesh,3
vmesh,5

/com ----- Spiegeln der Struktur an der yz-Ebene
vsym,x,all

/com ----- Mergen der Knoten die uebereinander liegen
nummrg,node,1e-12 !Genuegend kleinen Wert wachlen

/com ----- Wavefront wird minimiert
wsort

fini

/solu
/com ----- Rand- und Anfangsbedingungen definieren
/com ----- Einspannung des Sensors
nsel,s,loc,y,0
d,all,ux,0
d,all,uy,0
d,all,uz,0
allsel

/com ----- Master Degrees of Freedom
total,50

/com ----- Definition der Analyseart
antype,static
nlgeom,on
sstif,on
pstres,on

```

```

/com ----- Definition des ersten Lastschrittes
tref,0
outr,all,all
nsubst,1,1

```

```

/com ----- Abspeichern des Modells
save
/com *****

```

A3.3: Eingabedatei für den statischen Berechnungslauf:

```

/COM *****
/COM
/COM File: STATIC.ANA
/COM
/COM *****

```

```

/COM *****
/COM Statische Analyse für verschiedene Temperaturen
/COM *****

```

*create,last	!Definition des Macros "last"
time,arg1	!Temperatur "arg1" als Zeitkonstante
bf,all,temp,arg1	!Den Knoten wird die Temp. "arg1" zugewiesen
solve	!Berechnung starten
fini	!Solutionmode verlassen
/copy,file,emat,,fi%arg1*10%,ema	!file.emat umbenennen
/solu	!zurück in den Solutionmode
antype,,rest	!Restart-Option setzten
*end	!Macroende
*do,i,0,20,5	!Schleife über Temperatur 0 bis 20 °C
*use,last,i	!Bearbeite last für jede Temperatur
*enddo	!Schleifenende
*do,i,22,24,2	!Schleife über Temperatur 22 bis 24 °C
*use,last,i	!Bearbeite last für jede Temperatur
*enddo	!Schleifenende
*do,i,25,30,1	!Schleife über Temperatur 25 bis 30 °C
*use,last,i	!Bearbeite last für jede Temperatur
*enddo	!Schleifenende
*do,i,35,40,5	!Schleife über Temperatur 35 bis 40 °C
*use,last,i	!Bearbeite last für jede Temperatur
*enddo	!Schleifenende
*do,i,50,80,10	!Schleife über Temperatur 35 bis 40 °C
*use,last,i	!Bearbeite last für jede Temperatur
*enddo	!Schleifenende

A3.4: Eingabedatei für die Modalanalyse:

```
/COM *****
/COM
/COM File: MODAL.ANA
/COM
/COM *****

/COM *****
/COM Modalanalyse der verspannten Struktur
/COM *****

*create,modal                                !Definition des Makros 'modal'
j=j+1                                         !Die Variable j wird um 1 erhöht
/ass,emat,fi%arg1*10%,ema                    !"fi%arg1*10%.ema" wird als file.emat benutzt
/ass,rst,fi%arg1*10%,rst                     !"fi%arg1*10%.rst" wird als file.rst benutzt
/solu                                         !Wechseln in den Solution-Mode
antype,modal                                !Analysetyp = Modalanalyse
modopt,redc,2                                !2 Mode werden mit Householder-Methode berechnet
!modopt,redc,2,15000                         !2 Mode ab 15000 Hz mit Householder
total,50                                     !50 Hauptfreiheitsgrade
pstres,on                                    !Die berechneten Spannungen werden berücksichtigt
mxpand,2                                     !2 Mode werden expandiert
psolve,triang                                !Teilweise Lösung: Triangularisieren der Matrix
psolve,eigredc                                !Teilweise Lösung: Reduzieren der Eigenwerte
psolve,eigexp                                !Teilweise Lösung: Expandieren der Eigenwerte
fini                                         !Verlassen des Solution-Mode

*do,i,0,20,5                                !Schleife 'arg1' von 0 bis 20
*use,modal,i                                !Bearbeite 'modal' für 'arg1'
*enddo                                       !Schleifenende

*do,i,22,24,2                                !Schleife 'arg1' von 22 bis 24
*use,modal,i                                !Bearbeite 'modal' für 'arg1'
*enddo                                       !Schleifenende

*do,i,25,30,1                                !Schleife 'arg1' von 25 bis 30
*use,modal,i                                !Bearbeite 'modal' für 'arg1'
*enddo                                       !Schleifenende

*do,i,35,40,5                                !Schleife 'arg1' von 35 bis 40
*use,modal,i                                !Bearbeite 'modal' für 'arg1'
*enddo                                       !Schleifenende

*do,i,50,80,10                              !Schleife 'arg1' von 50 bis 80
*use,modal,i                                !Bearbeite 'modal' für 'arg1'
*enddo                                       !Schleifenende
```

A3.5: Eingabedatei des zweidimensionalen Geometriemodells zur gekoppelten Berechnung:

/com Datei: STRSEN3.GEO

/com Silizium-Einfachbalken auf einer Keramik-Grundplatte

/com thermisch angeregter Kraftsensor

/com Berechnung der Abkühlung durch ein Fluid

/com Materialwerte in einem separaten File:

/title, Stroemungssensor auf einer Keramikgrundplatte in einem Rohr

/sho,x11,,1

/com ----- Strukturparameter (alle Masse in m)

ROLA=300e-3 !Rohr-laenge

RODU=24e-3 !Rohrdurchmesser

SEPO=12e-3 !Sensorposition im Rohr

VONA=15e-3 !Vor- und Nachlaufbereich

RABE=3e-3 !Randbereich ueber und unter dem Sensor

KEDI=0.63e-3 !Dicke der Keramikplatte

KELA=38e-3 !Laenge der Keramikplatte

KEAU=11e-3 !Aussparung in der Keramikplatte

BALA=10e-3 !Laenge des Balkens

BADI=50e-6 !Dicke des Balkens

WADI=380e-6 !Dicke des Wafers

BAAU=0.234e-3 !Balkenaufhaengung

BAVO=1.8e-3 !Blakenvorlauf

LAE1=0.166e-3 !Korrekturlaenge 1

LAE2=0.176e-3 !Korrekturlaenge 2

LAE3=0.75e-3 !Korrekturlaenge 3

LAE4=0.3e-3 !Korrekturlaenge 4

EKBE=1e-3 !Eckbereich

/com ----- Hilfsparameter

dvs0=2 !Elementierung

dvs1=4

dvs2=6

dvs3=8

dvs4=10

dvs5=12

dvs6=14

dvs7=16

dvs8=18

dvs9=20

dv10=30

x5=-BALA/2

x4=x5+LAE1

x3=x4+LAE2

x7=-(BALA/2+BAAU)

x8=-KEAU/2

x9=-(KEAU/2+LAE1)

x10=x9-LAE2

x13=-(BALA/2+BAAU+BAVO)

x12=x13+LAE1

x11=x12+LAE2

x14=x13-EKBE

x15=x14-LAE1

x16=x15-LAE2

```

x17=-KELA/2
x20=x17-VONA
x21=-ROLA/2

y1=SEPO-WADI-KEDI-RABE
y4=SEPO-WADI-KEDI
y5=SEPO-WADI
y6=SEPO-BADI
y7=SEPO-WADI+LAE3
y8=SEPO
y3=y4-(y7-y5)
y9=y8+EKBE
y2=y4-(y9-y5)
y10=y9+RABE
y11=RODU

x2=x8+(y9-y5)
x1=x2+LAE4
x6=x8+(y7-y5)
x18=x17-(y7-y5)
x19=x17-(y9-y5)

/com ----- Geometrie erstellen
/com ----- Keypoints
k,1,0,0
k,2,0,y1
k,3,0,y2
.
.
.
k,72,x21,y10
k,73,x21,y11

/com ----- Linien
l,1,2,dvs6,-2
l,12,13,dvs6,-2
l,23,24,dvs6,-2
.
.
.
l,66,72,dvs7,2.5
l,67,73,dvs7,2.5

/com ----- Flaechen generieren
a,1,2,13,12
a,2,3,14,13
a,3,4,15,14
.
.
.
a,65,66,72,71
a,66,67,73,72

```

```

/com ----- Vernetzung
/com ----- Elementtyp
et,1,42      !2-D Isoparametr. Stress Solid
et,2,1       !2-D Spar
r,1
r,2
r,3
r,4
r,5
r,6
r,7
r,8

/com ----- Fluid vernetzen
mat,2
type,1
real,2
elsize,,,2   !Es werden nur Viereckelemente verwendet
amesh,1,4
amesh,6,6
amesh,8,14
amesh,18,24
amesh,28,34
amesh,36,41
amesh,43,58

/com ----- Keramikstruktur vernetzen
mat,3
type,1
real,3
amesh,5,35,10
amesh,42

/com ----- Siliziumstruktur vernetzen
mat,1
type,1
real,1
amesh,7,27,10
amesh,16,26,10

/com ----- Heizelemente werden mit anderem Materialtyp gekennzeichnet
esel,elem,3868,3872,2
emodif,all,REAL,4
esel,elem,3846
emodif,all,REAL,5
eall

/com ----- Spiegeln der Struktur an der y-Achse
arsym,1,all

/com ----- Erzeugen zusätzlicher Linien im Ein- und Ausstroembereich
lgen,2,8,16,8,0,0,0
lgen,2,50,50,1,0,0,0
lgen,2,68,75,7,0,0,0
lgen,2,251,251,1,0,0,0
lgen,2,254,260,2,0,0,0

```



```

/com ----- Erzeugen zusätzlicher Linien auf der Sensoroberfläche
lgen,2,83,83,1,0,0,0
lgen,2,94,94,1,0,0,0
lgen,2,105,105,1,0,0,0
lgen,2,151,151,1,0,0,0
lgen,2,175,175,1,0,0,0
lgen,2,196,196,1,0,0,0

/com ----- Einströmbereich vernetzen
type,2
real,6
lssel,line,261,265,1
lmesh,all
real,7
lssel,line,266,270
lmesh,all
lsall

/com----- Sensoroberfläche vernetzen
type,2
mat,1
real,8
lssel,line,271,276,1
lmesh,all
lsall

/com ----- Mergen der Knoten die uebereinander liegen
nummrg,node,1e-12 !Genuegend kleinen Wert wahlen

/com ----- Knoten neu Durchnummerieren
numcmp,node

/com ----- Referenztemperatur definieren
tref,20

/com ----- Definition der Analyseart
kan,0
kay,6,1
kay,8,1

/com ----- Abspeichern des Modells
save
/com *****

```

A3.6: Eingabedatei für die strömungsmechanische Simulation in FIDAP:

```
*titl
resonanter Stroemungssensor GMS/HSG-IMIT
*expa
*fiprep

scale(valu=1.,velo=1.,temp=1.)
prob(2-d,nonl,lami,weak=0)
pres(penal=1e-5,disc)
solu(s.s.=30,velc=1e-3, resc=1e-3, accf=.4)

exec(newj)
opti(upwi)
upwi
/U V W P S T K E
.5 1. 0. 0. 0. 1. 0. 0.

/rela
/U V W P S T K E
/.1 .2 0. .1 0. .1 0. 0.

/icno(velo,stokes)
/einlesen aus FDREST
icno(velo,zero)
icno(temp,cons=20)
/icno(temp,read)

/heatsource 5e9
/source(heat,cons,grou=4)
/5e9
/heatsource 3e9
/source(heat,cons,grou=5)
/3e9

/luft mate=1
visc(set=1,cons=15.e-6)
dens(set=1,cons=1.2)
spec(set=1,cons=1007.)
cond(set=1,cons=.026)

/silicium mate=2
dens(set=2,cons=2329.)
spec(set=2,cons=703.)
cond(set=2,cons=156.)

/keramik mate=3
dens(set=3,cons=3240.)
spec(set=3,cons=645.)
cond(set=3,cons=20.)

/aluminium mate=4
dens(set=4,cons=2700.)
spec(set=4,cons=896.)
cond(set=4,cons=211.)
```

```

/materialien
mate(type=1,mden=1,mvisc=1,mspht=1,mcond=1)
mate(type=2,mden=2,mspht=2,mcond=2)
mate(type=3,mden=3,mspht=3,mcond=3)
mate(type=4,mden=4,mspht=4,mcond=4)

renu
NODES(ANSYS)

ELEM(GROU=2,SOLID,QUAD,NODES=4,MATE=2,ANSYS)
ELEM(GROU=1,FLUID,QUAD,NODES=4,MATE=1,ANSYS)
ELEM(GROU=3,SOLID,QUAD,NODES=4,MATE=3,ANSYS)
ELEM(GROU=4,SOLID,QUAD,NODES=4,MATE=4,ANSYS)
ELEM(GROU=5,SOLID,QUAD,NODES=4,MATE=4,ANSYS)
ELEM(GROU=6,PLOT,EDGE,NODES=2,ANSYS)
ELEM(GROU=7,PLOT,EDGE,NODES=2,ANSYS)
ELEM(GROU=8,PLOT,EDGE,NODES=2,ANSYS)

END
*END

```

A3.7: 'awk'-Programm zur Konvertierung der 'neutral'-Datei

```

awk '
BEGIN {
    FS=","
    OFS=","
}
{
    $1 = "bf"
    print $1,$2,$3,$4
}
END {
    FS=","
    OFS=","
}' < out.dat

```