

### 3.2 Modalanalyse eines Kraftsensors:

#### Modellparameter:

- Struktur: Doppelstimmgabel (DETF)
- Material: Quarz ( $\text{SiO}_2$ )
- E-Modul:  $8.9 * 10^{10} \text{ g/mm}^2$  (isotrop)
- Poissonzahl: 0.122894
- Dichte:  $2.648 \text{ g/cm}^3$
- Strukturdicke: 0.200 mm (ETA: 0.125)

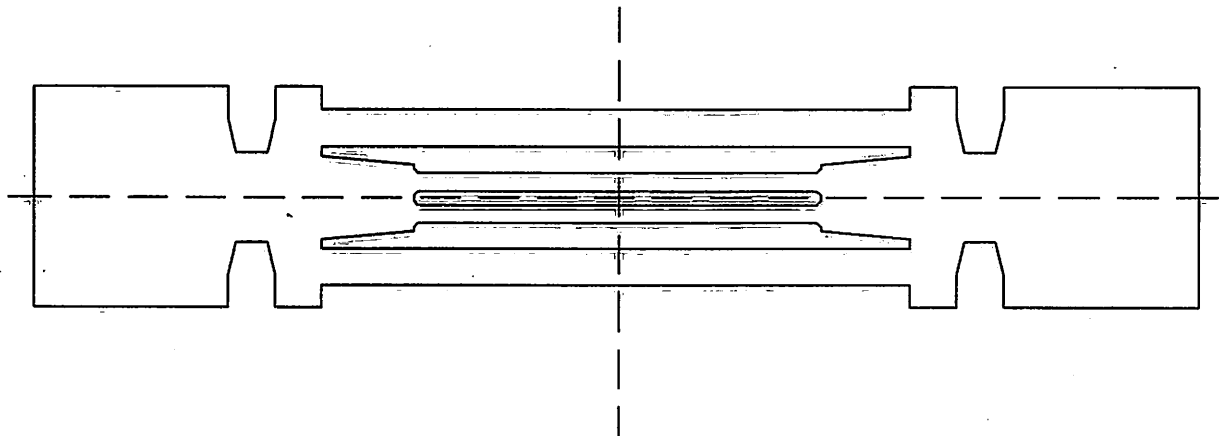
#### Annahmen:

- unbelasteter Sensor (Zugkraft = 0)
- freie, ungedämpfte Schwingung (ANSYS-Analysotyp KAN=2)
- Vernachlässigung der piezoelektrischen Effekte
- Schwingungen nur in X-Y-Ebene zugelassen
- Geometrie nicht vollständig erfaßt
- Randbedingungen idealisiert
- 2D-Rechnung: Schalenelement
- Cr-Au Elektroden weggelassen

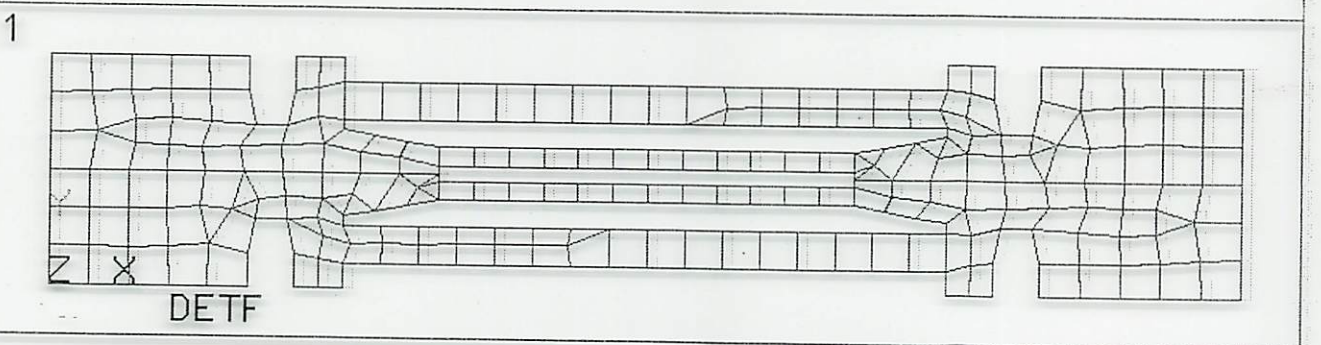
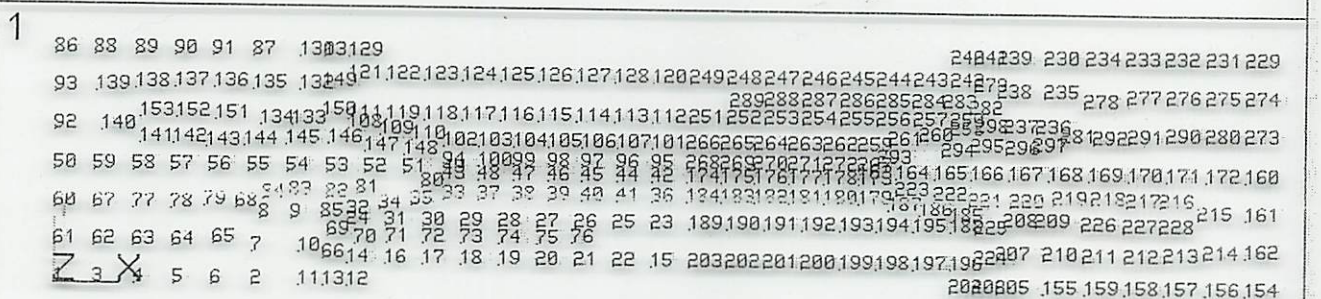
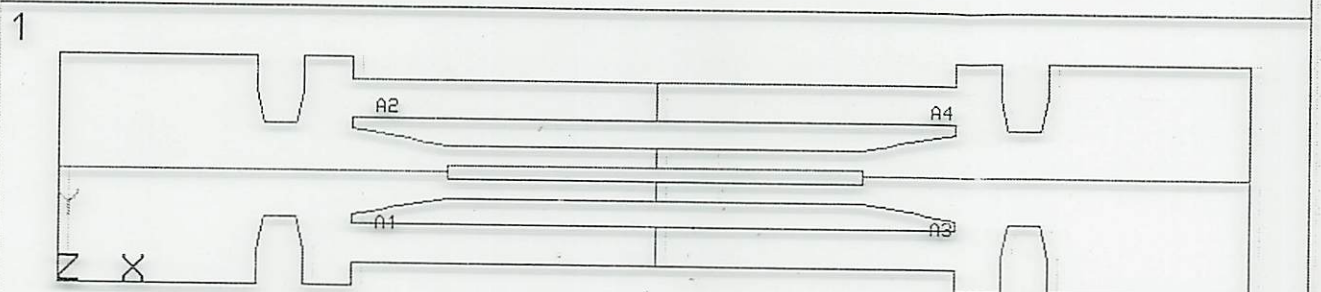
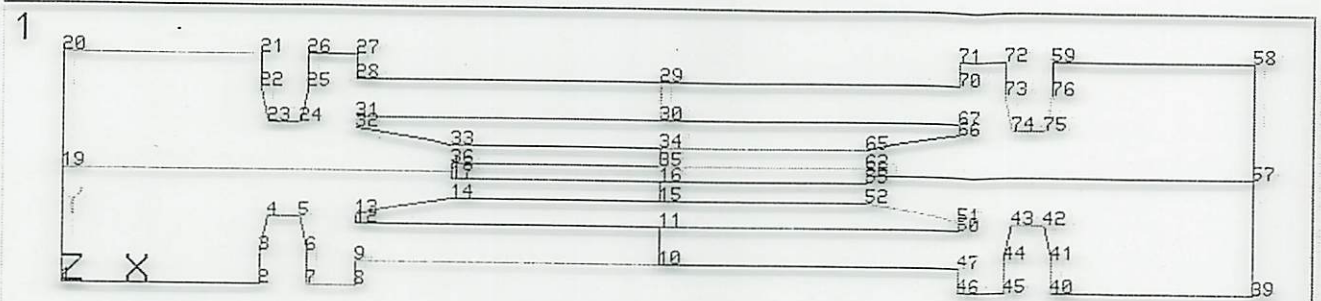
#### Aufbereitung:

- Pre-Processor: ANSYS-Standardpreprocessor PREP7
- Elementauswahl: STIF42 (2-D isoparametric solid),  
Schalenelement mit vier Knoten
- Knotenanzahl: 297
- Elementanzahl: 216
- max. mittlere Seitenlänge der Elemente ca. 0.5 mm

#### Struktur:

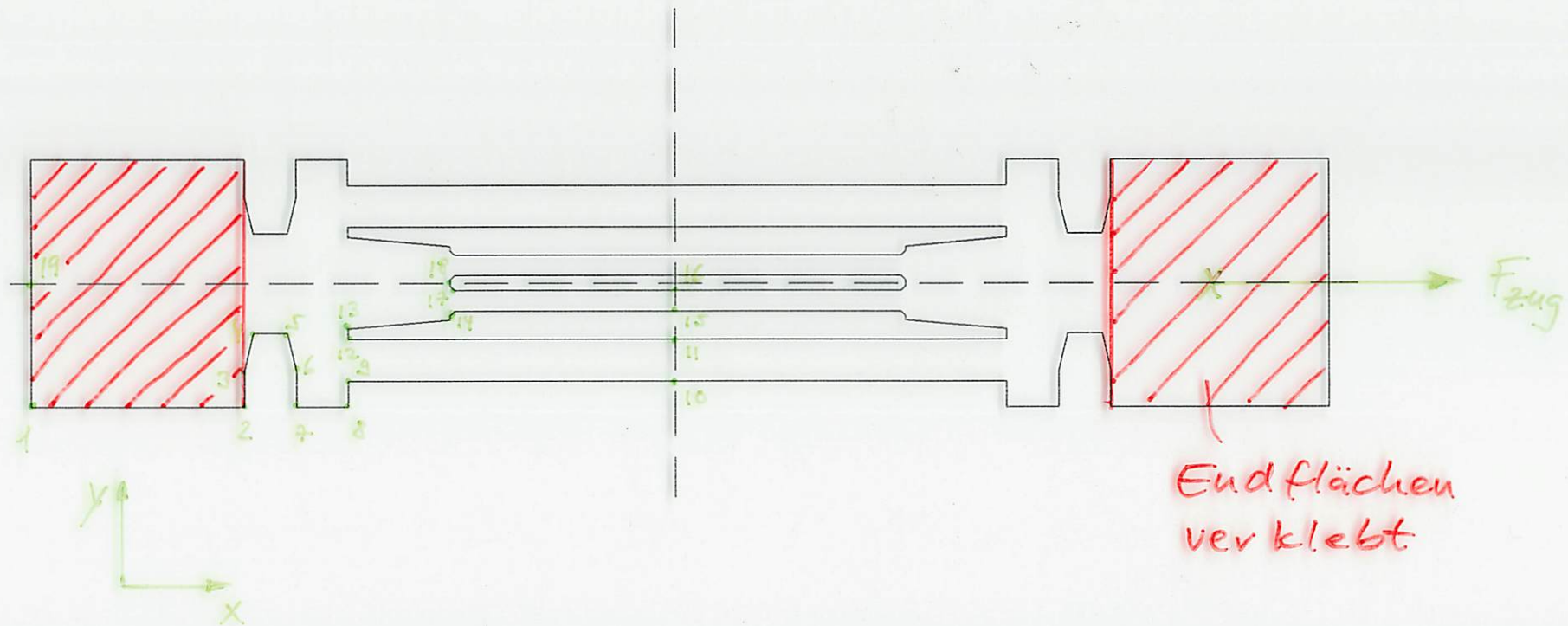


# Modell aufbereitung: (PREP7)



- a) Generieren der Eckpunkte (Keypoints)
  - b) Generieren der Flächen
  - c) Generieren aller Knoten
  - d) Darstellung der Elemente
- } autom.  
Vernetzung

Randbedingungen  
und Krafteinleitung:

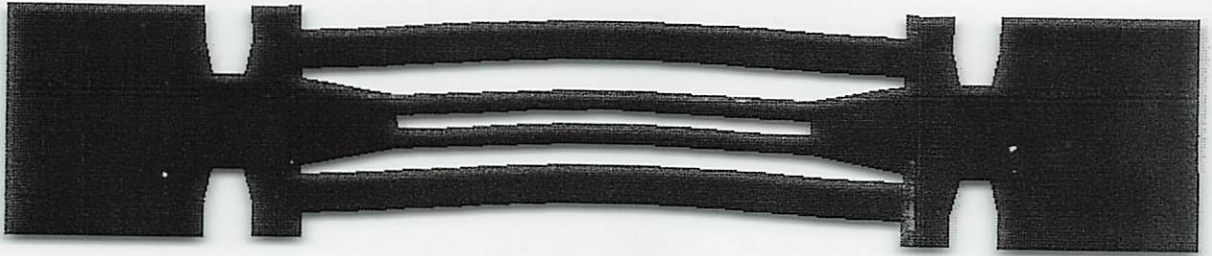




# Eigenschwingungen:

(POST1)

1



2



3



5



QUARTZ-DETF

## Eigenfrequenzen:

1. EF: 40.057 kHz

2. EF: 43.427 kHz

3. EF: 46.161 kHz

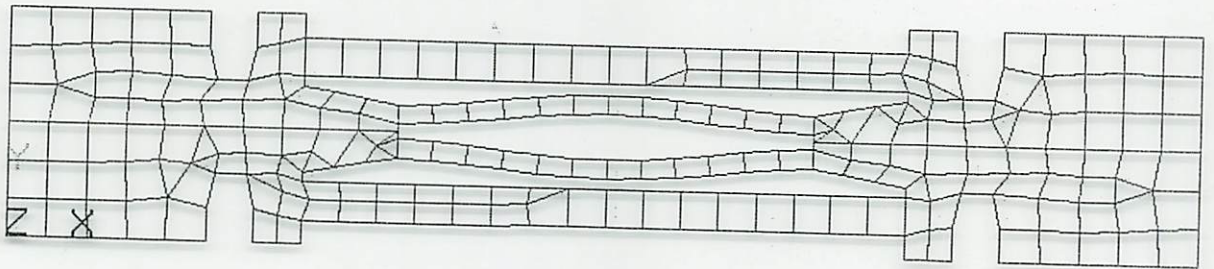
5. EF: 70.121 kHz

Erwünschter Schwingungsmodus:

4



4



QUARTZ-DETF

$$4. EF = 50.412 \text{ EHz}$$

### Ergebnisse:

- Rechenzeit: ca. 20 min      (Mikro-VAX II, ca. 1 MIPS),
- R.M.S. Wavefront: 191      (kleines Problem)
- Eigenfrequenzen:
  - 1. EF = 40.057 kHz
  - 2. EF = 43.427 kHz
  - 3. EF = 46.161 kHz
  - 4. EF = 50.412 kHz
  - 5. EF = 70.121 kHz
- erwünschter Schwingungsmode Nr.4 :      f = 50.4 kHz



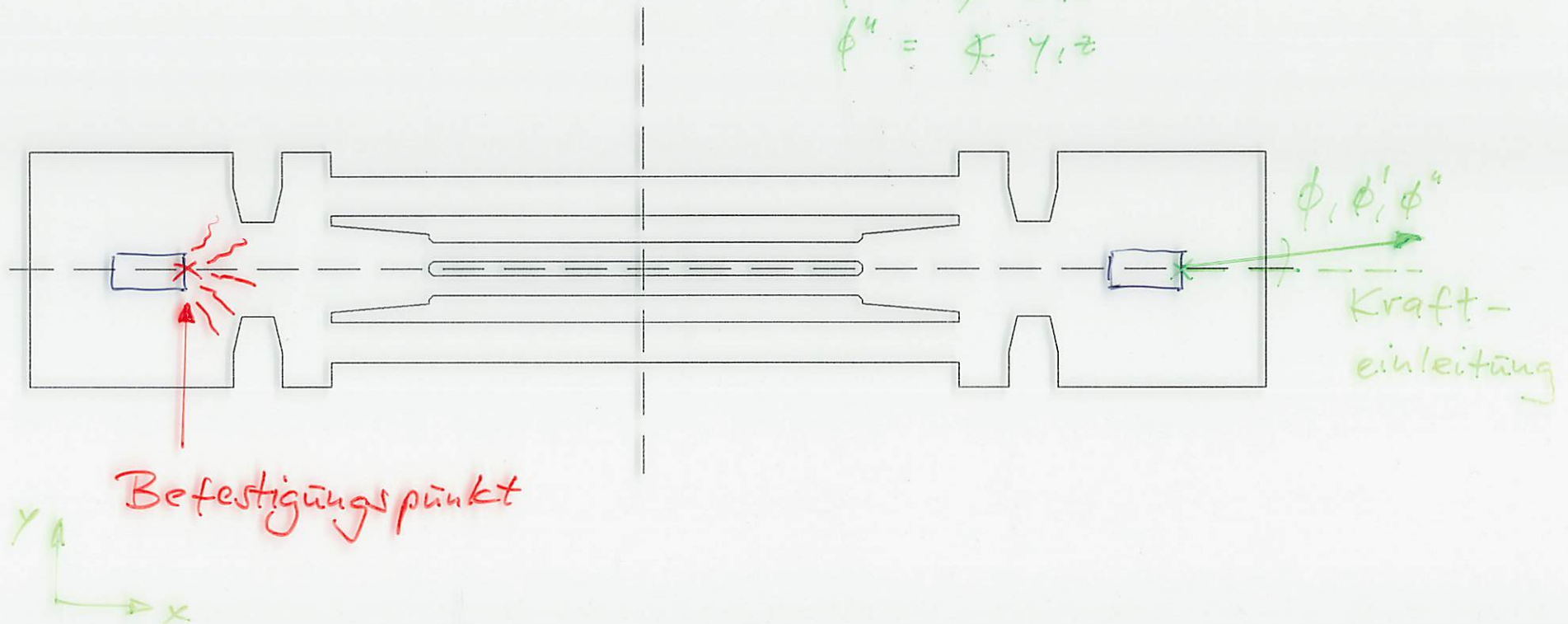
## Problematik der Krafteinleitung:

- Befestigung:
  - flächige Klebung (Kriechen, Scherkräfte)
  - punktförmig (interne Spannungen)
- Krafteinleitung

$$\phi = \varphi(x, y)$$

$$\phi' = \varphi(x, z)$$

$$\phi'' = \varphi(y, z)$$



### 3.3 Berechnung der Kennlinie eines Kraftsensors:

#### 1.) Modalanalyse:

- Eigenfrequenzen und Eigenformen
- Materialdaten wie bei Beispiel 3.3  
(Dicke: 0.125 mm)
- mittlere Seitenlänge der Elemente: 0.1 mm

#### 2.) Kennlinienberechnung:

- Kraftbeaufschlagung in x-Richtung:  
5 Lastschritte: 1, 2, 3, 4 und 5 N