

# **2D-Widerstandssimulation mit Finiten Elementen**

**Wolfgang Kraus**

**Bipolar-Arbeitskreis  
austriamicrosystems, Unterpremstaetten**

**23-24 Oktober 2003**

## **Inhalt**

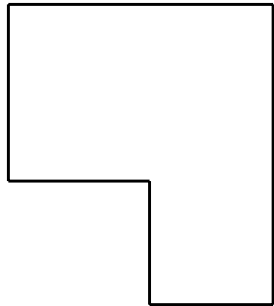
- **Motivation**
- **Anforderungen**
- **Realisierung**
- **Anwendung**
- **Zusammenfassung**
- **Literatur**

## Motivation

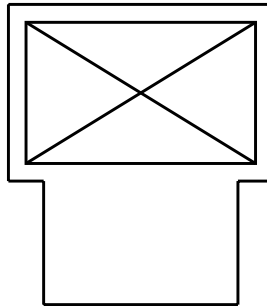
- **Wie kann man Widerstandsanteile bei inhomogenem Feld ermitteln?**
- **Welchen Einfluß hat das Ersetzen der herkömmlichen Kontakte in HF-Technologien durch die CMOS-üblichen Minimalkontakte fester Größe?**
- **Ziele:**
  - Gewinnung von Skalierungsgleichungen für Modelle**
  - Ableitung von Design-Regeln**

## Typische Fragestellungen:

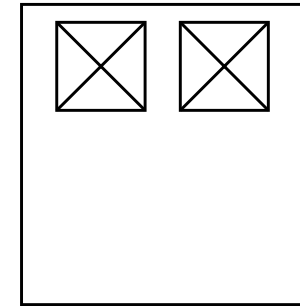
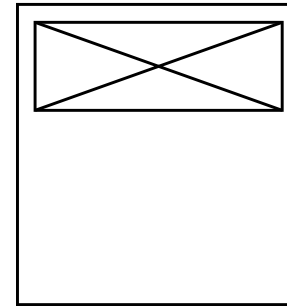
**bend**



**dogbone**



**gesizter-/Minimalkontakt**



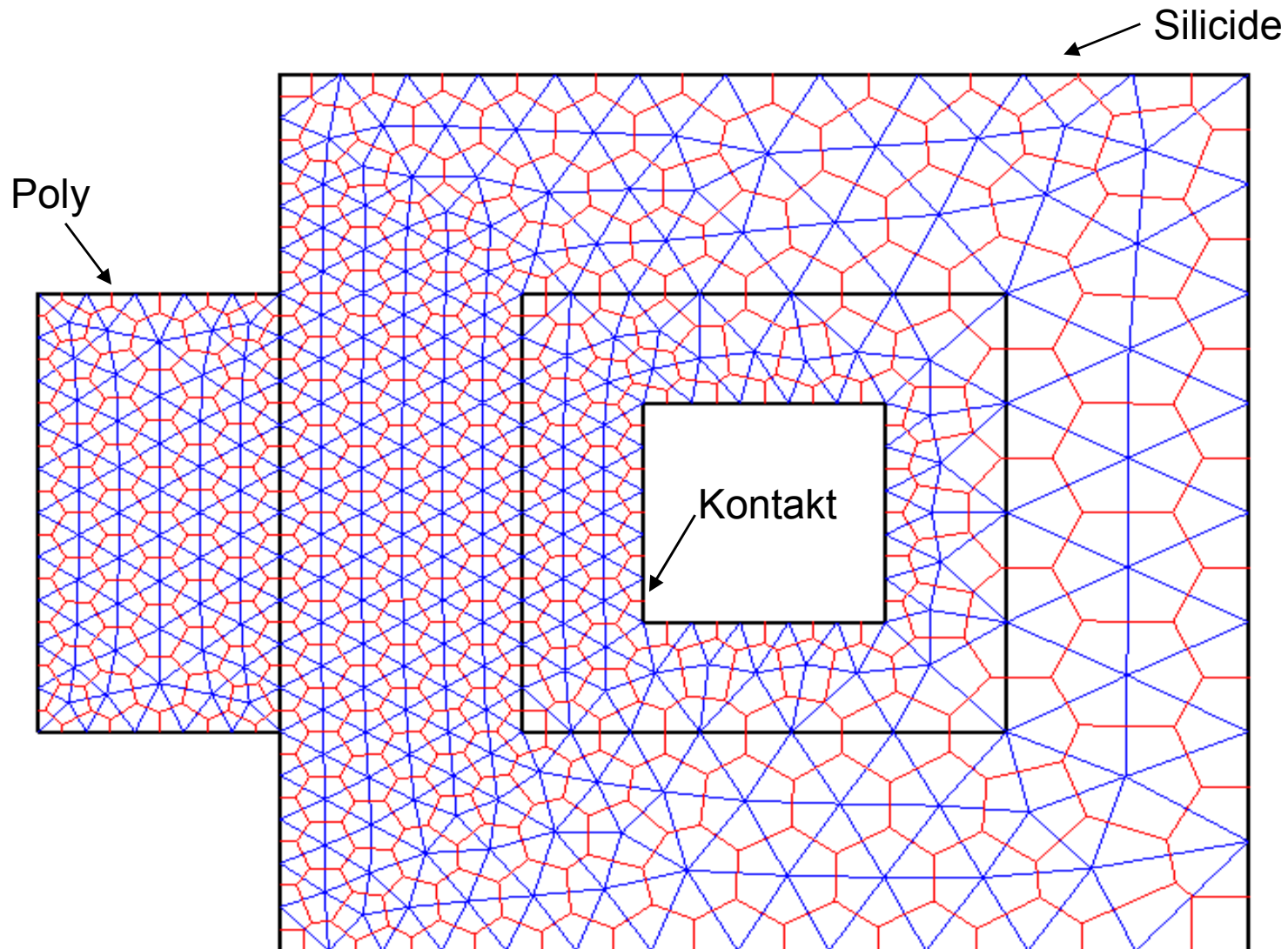
## Anforderungen

- **mehr als 2 Terminals**
- **mehrere Materialien**  
**Beispiele:**  
**Silizid, Poly, Kontakt**  
**Diffundierter Widerstand, teilweise pinch**
- **keine Beschränkung auf rechtwinklige Strukturen**
- **Berücksichtigung des Kontaktwiderstandes**

## Realisierung

- **Inputfile mit Geometriedaten erzeugen**
- **Diskretisierung**  
**2D Mesh Generator mit Dreieckelementen**  
**bis zu 10K Knoten**
- **Jedes Dreieckelement durch Widerstandsdreieck**  
**beschrieben /4/**
- **Output in ELDO-Netzliste wandeln**
- **Zufügen von Stimuli und Control-Anweisungen**
- **Solver: ELDO**
- **Admittanzmatrix des n-Terminal-Netzwerks ermitteln**  
**⇒ n-1 Simulationen**
- **Automatisierung dieser Sequenz durch MATLAB**  
**Strukturabhängig**

# Beispiel der Diskretisierung: dogbone



## Subckt für Dreieck-Element

```

.subckt rtrfem n1 n2 n3 param: rsh=1 p1x=0 p1y=0
  p2x=1 p2y=0 p3x=1 p3y=1
.param area={0.5*abs((p2x-p1x)*(p3y-p1y)-(p3x-
  p1x)*(p2y-p1y))}
r12 n1 n2 {4.*area*rsh/((p1x-p3x)*(p2x-p3x)+(p1y-
  p3y)*(p2y-p3y))}
r23 n2 n3 {4.*area*rsh/((p2x-p1x)*(p3x-p1x)+(p2y-
  p1y)*(p3y-p1y))}
r31 n3 n1 {4.*area*rsh/((p3x-p2x)*(p1x-p2x)+(p3y-
  p2y)*(p1y-p2y))}
.ends rtrfem
    
```



## ELDO-Netzliste

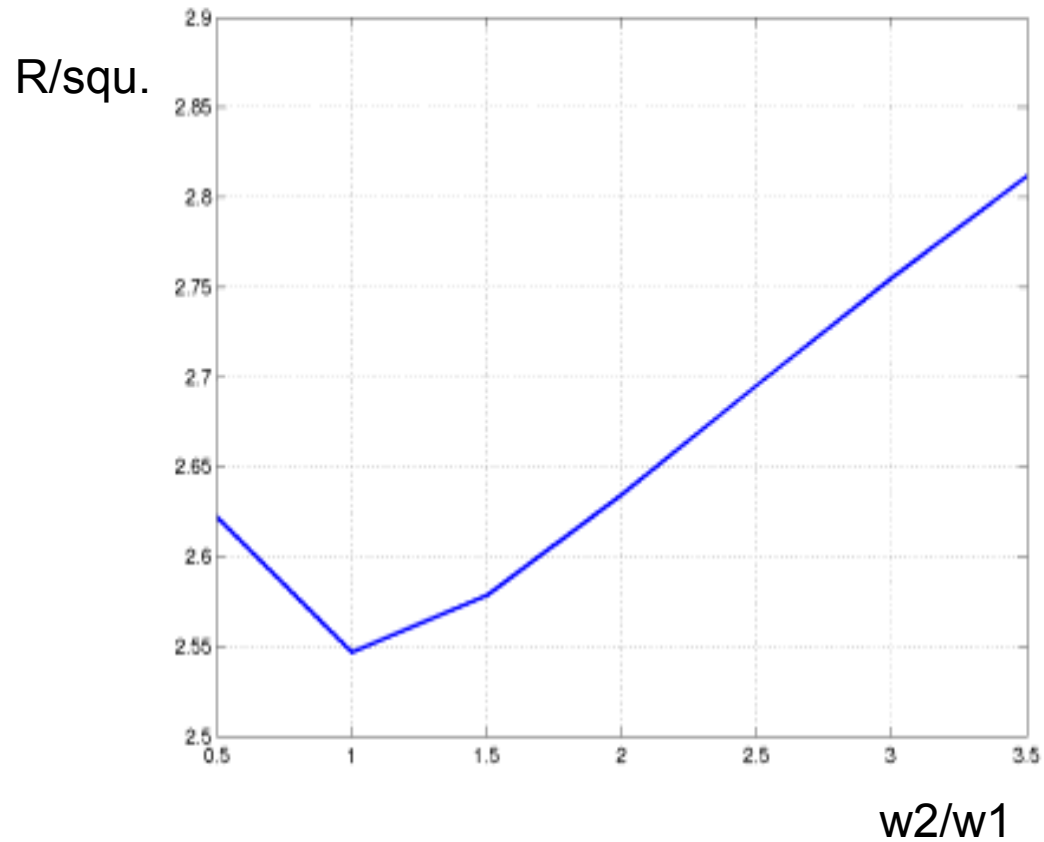
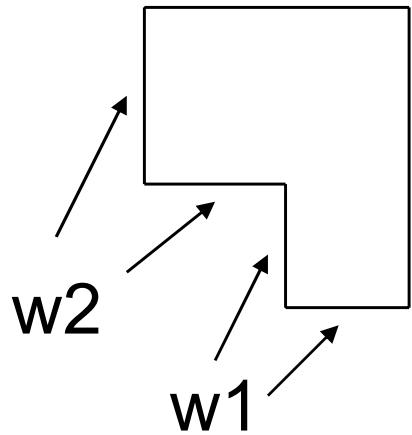
```
* FEM analysis for resistances
.param rsh1=1 rsh2=1 rsh3=0.001
.include dogbone1.net
v2 vf2 0 dc 0
is 0    vf1 dc 0
.dc is 0 1 1
.print dc v(vf1)
.end
```

## Verifikation

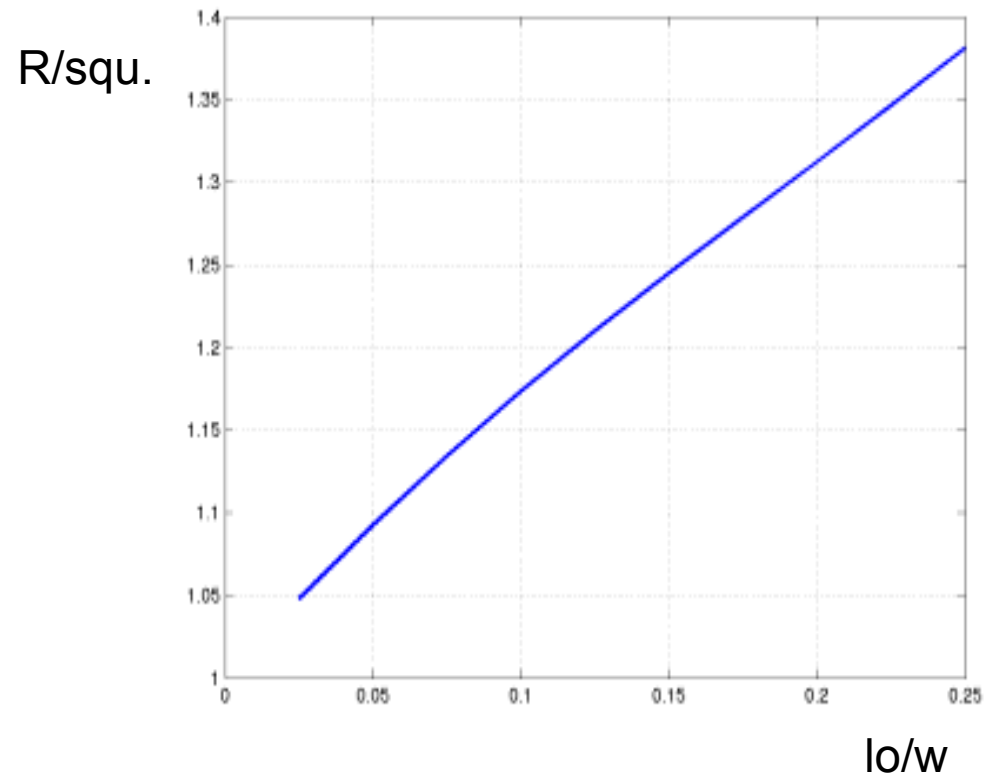
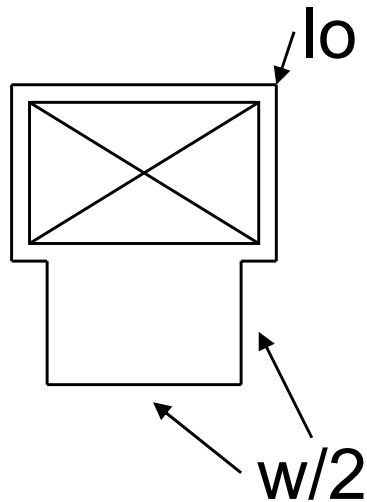
gegen in /5/ veröffentlichte Ergebnisse

Gridsize	#Nodes	#R	Memory/ MB	CPU- time/sec	Rref	Rsim	dR/%
1	15	74	0.625	0.01	1.55	1.46	-5.8
0.5	44	236	0.7	0.01	1.55	1.51	-2.6
0.25	160	914	1.1	0.1	1.55	1.54	-1.3
0.1	950	5600	5.15	4.14	1.55	1.55	0
0.05	3000	17250	17.7	16.25	1.55	1.55	0

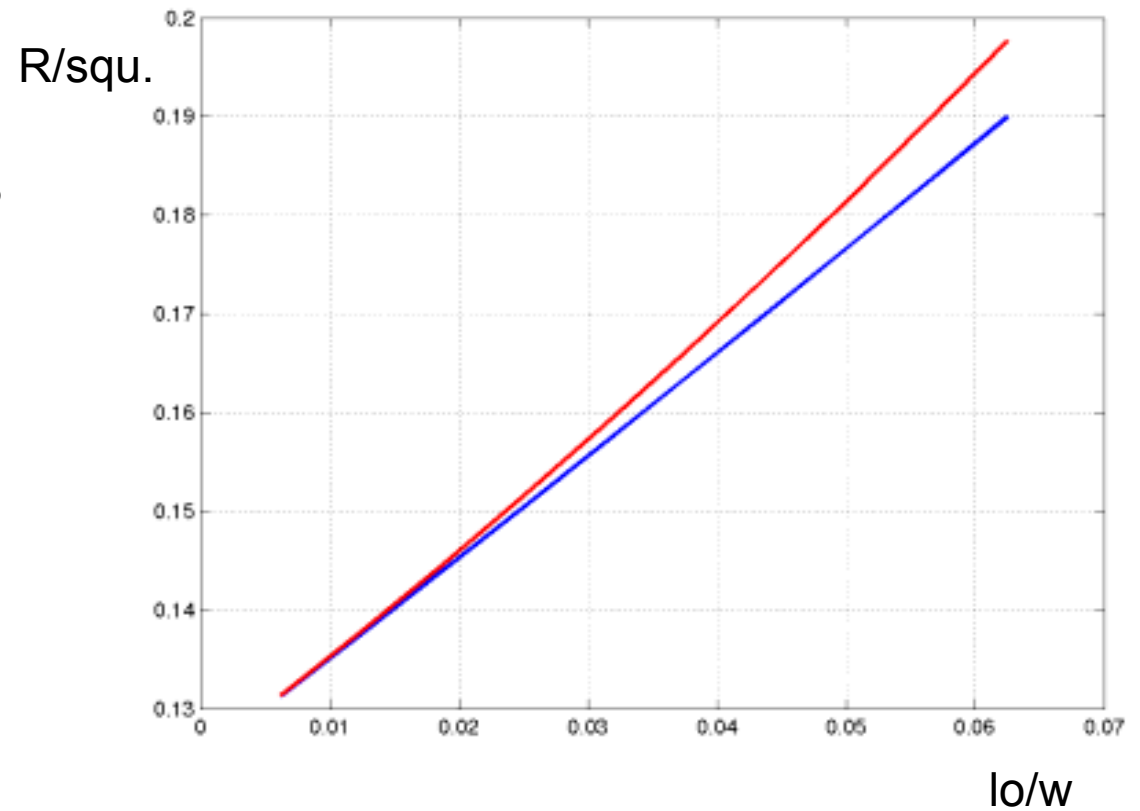
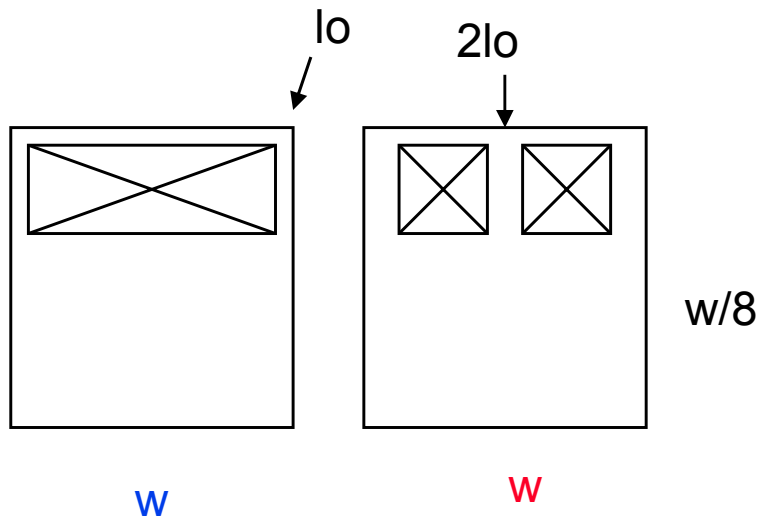
# Anwendung: bend



# Anwendung: dogbone



# Anwendung: minimal/sized contact



## Zusammenfassung

- **Erste Ergebnisse zur 2D-Widerstandsberechnung wurden gezeigt.**
- **Bestandteile: Mesh Generator (OS), Konvertierung in ELDO-Netzliste, ELDO, MATLAB script**
- **Erweiterungsmöglichkeiten:  
passive RF-Bauelemente (PEEC)  
Rth-Berechnung  
Substratwiderstand (BJT, inductor)  
...**
- **Ausweitung auf 3 Dimensionen möglich**

## Literatur

- /1/ M. Horowitz and R.W. Dutton, IEEE Trans. CAD-2, no. 3, Jul 1983, pp. 145-150**
- /2/ M. Glez Harbour and J.M. Drake, IEEE Trans. CAS-33, no. 4, Apr 1986, pp. 462-465**
- /3/ T. Mitsuhashi and K. Yoshida, IEEE Trans. CAD-6, no. 5, May 1987, pp. 337-345**
- /4/ A.J. Kemp et.al., IEEE Trans. CAD-7, no. 10, Oct 1988, pp. 1029-1037**
- /5/ Z. Wang and Q. Wu, IEEE Trans. CAD-11, no. 4, Apr. 1992, pp. 497-504**