

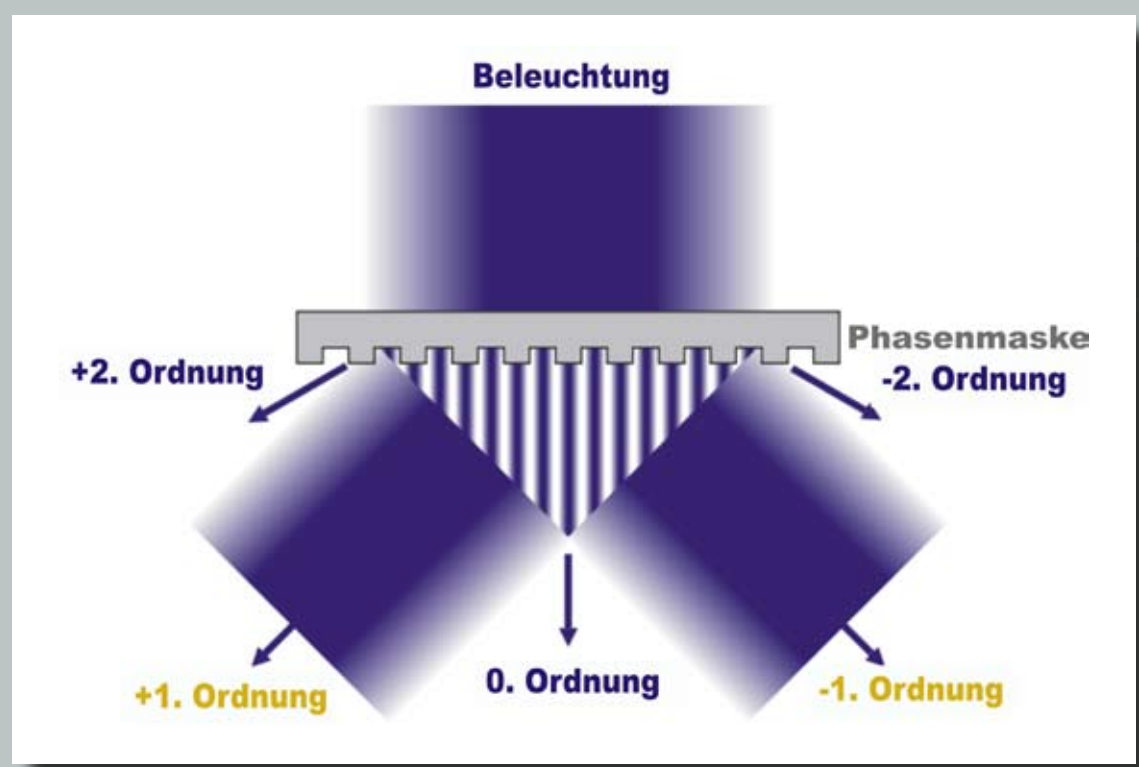


Mikrotechnik

System- und Prozessanalyse

durch Simulation

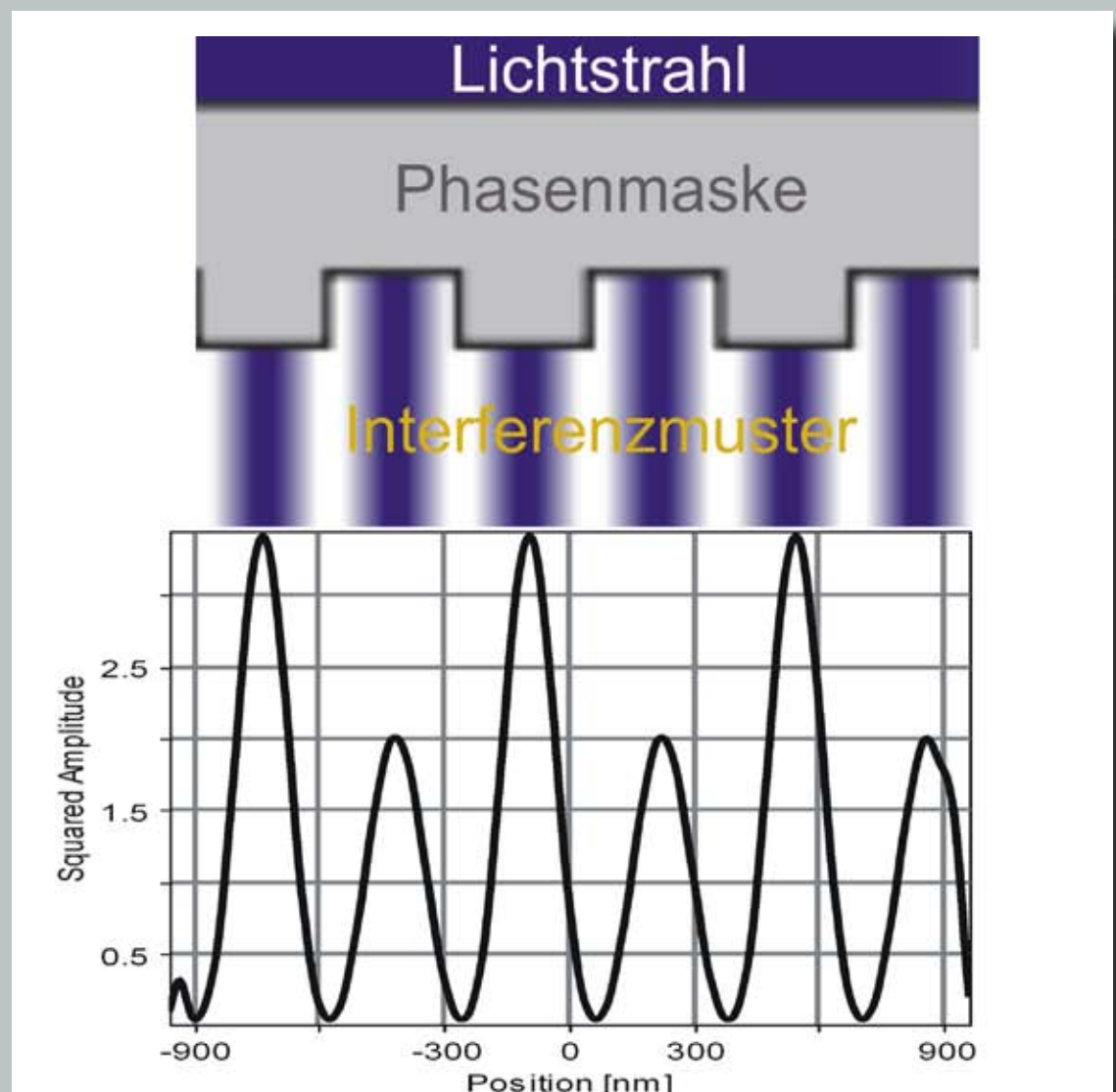
Simulation von diffraktiven optischen Strukturen



Wie macht man kleine Strukturen noch kleiner?
z.B. mit Phasenmasken (Transmissionsgitter)

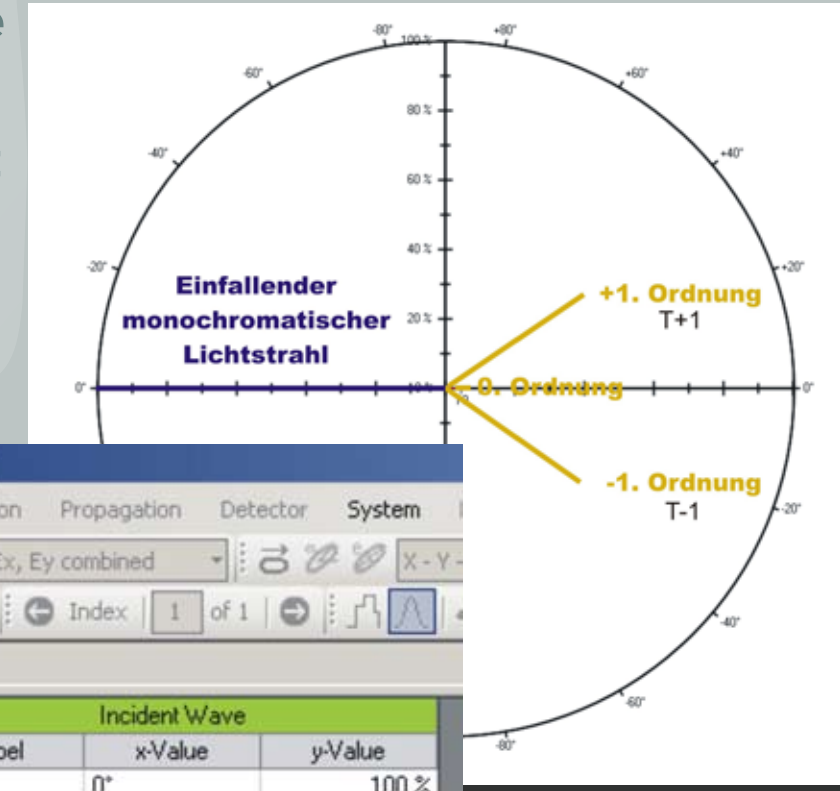
„+1/-1“-Konfiguration

Beleuchtung des Gitters mit kohärentem monochromatischem Licht
Beugung des Lichts hinter der Maske in mehrere Richtungen
„Beugungsordnungen“



Efficiency Diagramm

Es stellt dar, wie viel Licht in die 0., +1. und -1. Ordnung abgelenkt wird. Ziel ist die Minimierung des Anteils der 0. Ordnung. Es erfolgt Zweistrahlinterferenz von +1 und -1.



Label	Transmitted	y-Value	Label	Incident Wave	y-Value
T-1	-34.761°	44.93 %	Point 1	0°	100 %
T0	0°	2.4045 %			
T+1	34.761°	44.93 %			

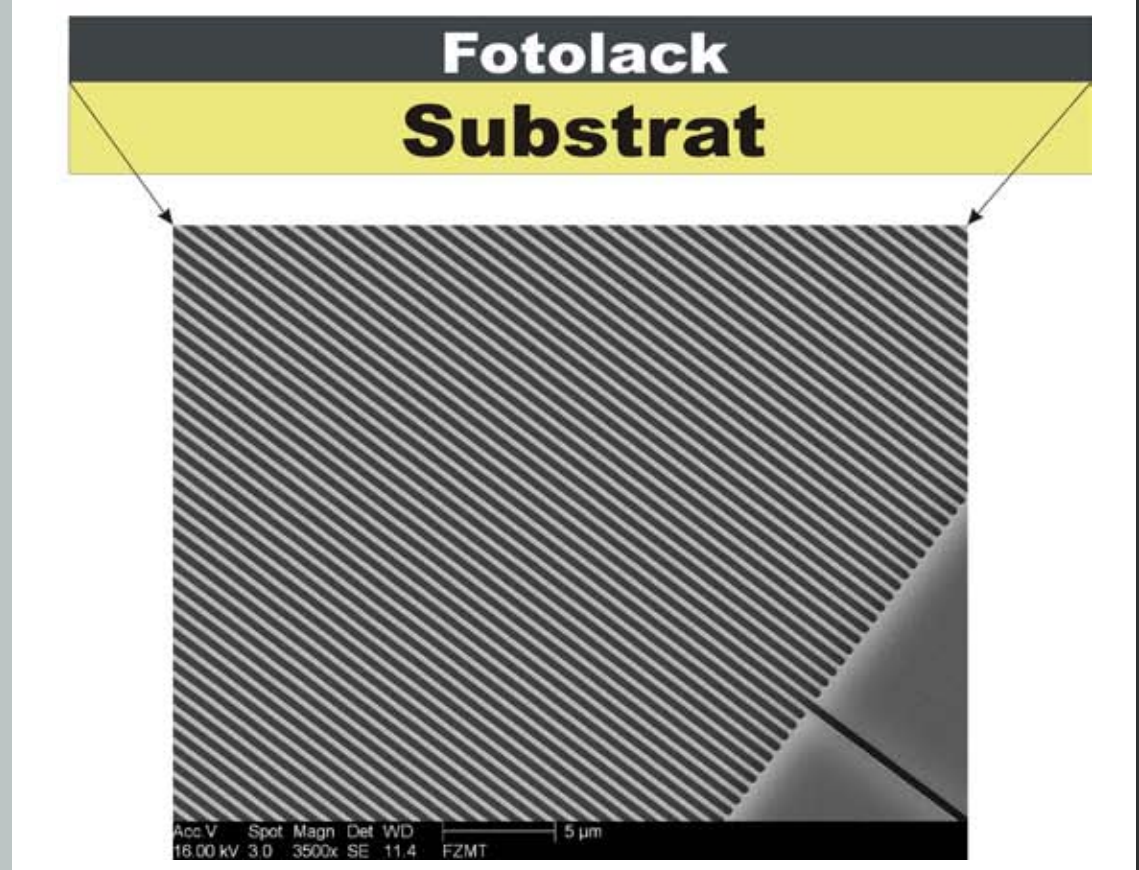
Interferenzmuster

Die beiden gebeugten Lichtstrahlen überlappen sich in einem Bereich unter der Phasenmaske. Es entsteht ein streifenförmiges Interferenzmuster, dessen Periode der Hälfte des Linienabstandes des Gitters entspricht.

Anwendungen

Phasenmaske zur fotolithografischen Herstellung periodischer Strukturen: Die periodische Beleuchtung des Fotolacks geschieht durch den Interferenzeffekt.

Das Ergebnis - kleinere Strukturen

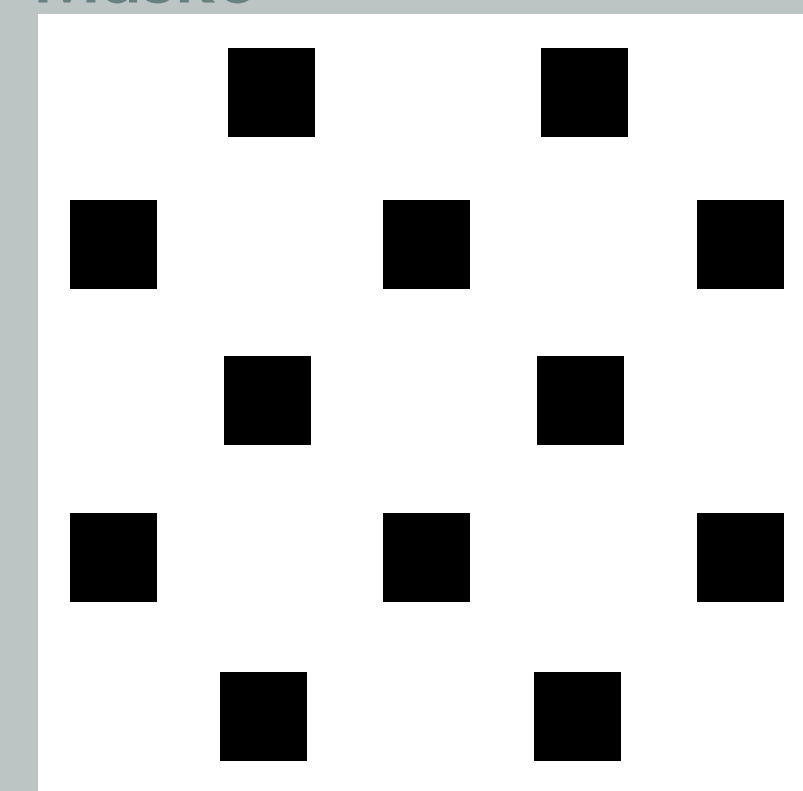


Simulation von Kontakt- und Proximitylithographie

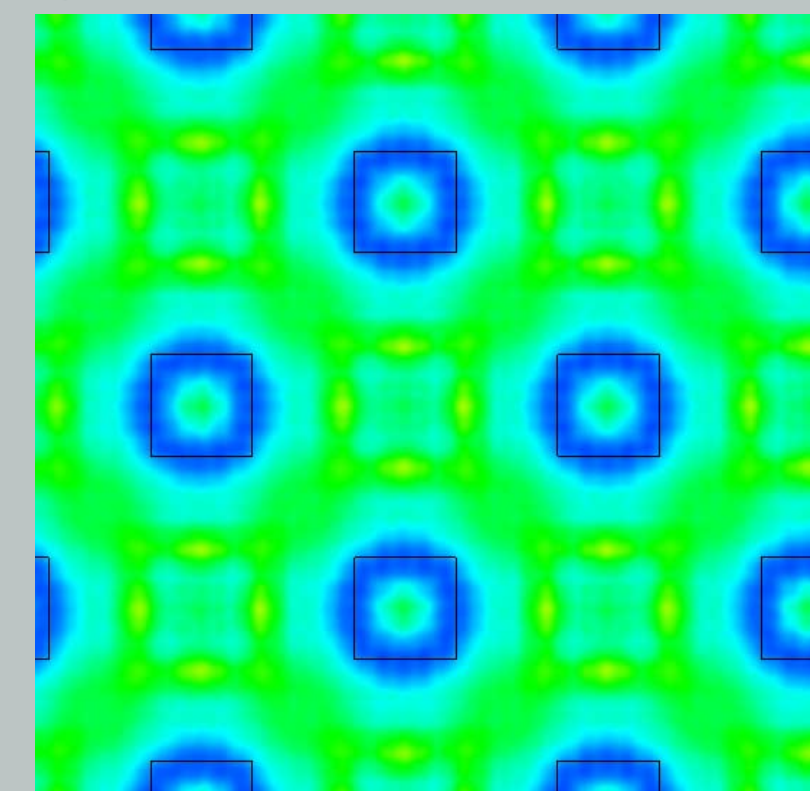
Simulation von Proximity-Effekten

Bei der Kontaktlithographie kommt es bei dicken Lacken und/oder bei geringen Abständen zwischen Maske und Lack zu Beugungseffekten. Die Folge daraus sind vom Layout der Maske abweichende Strukturen.

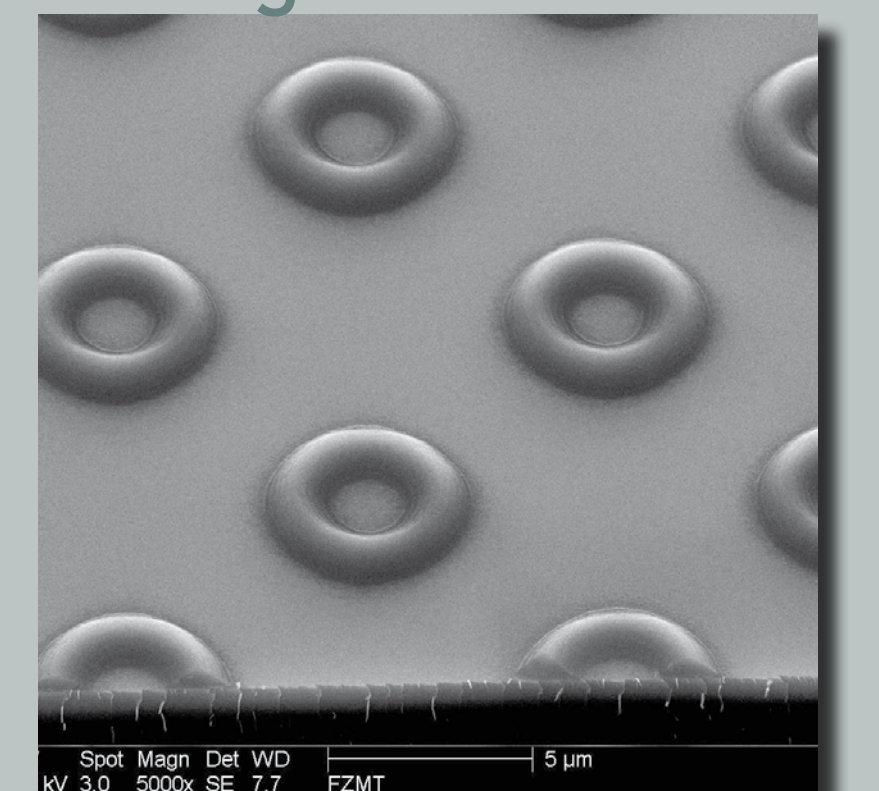
Maske



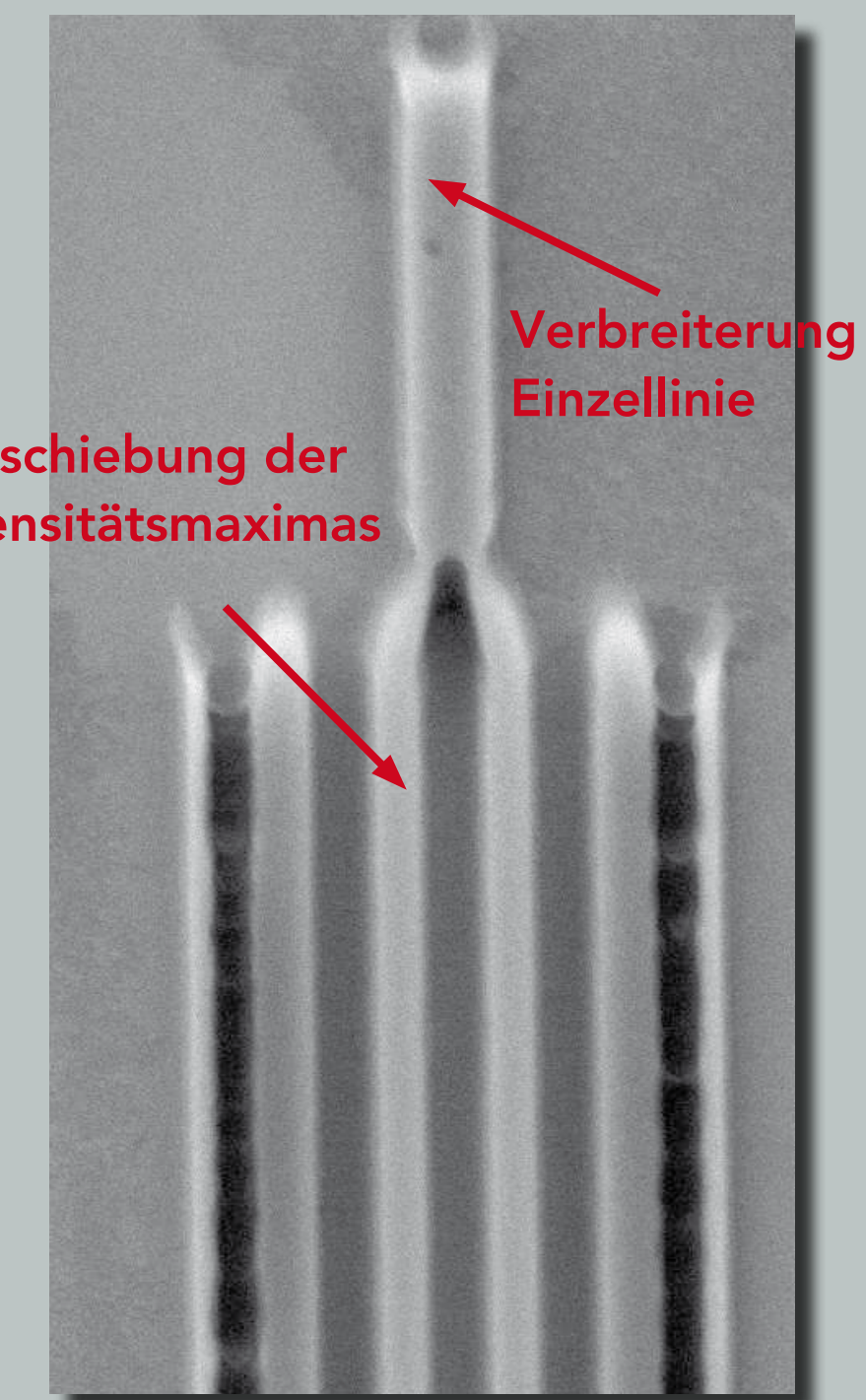
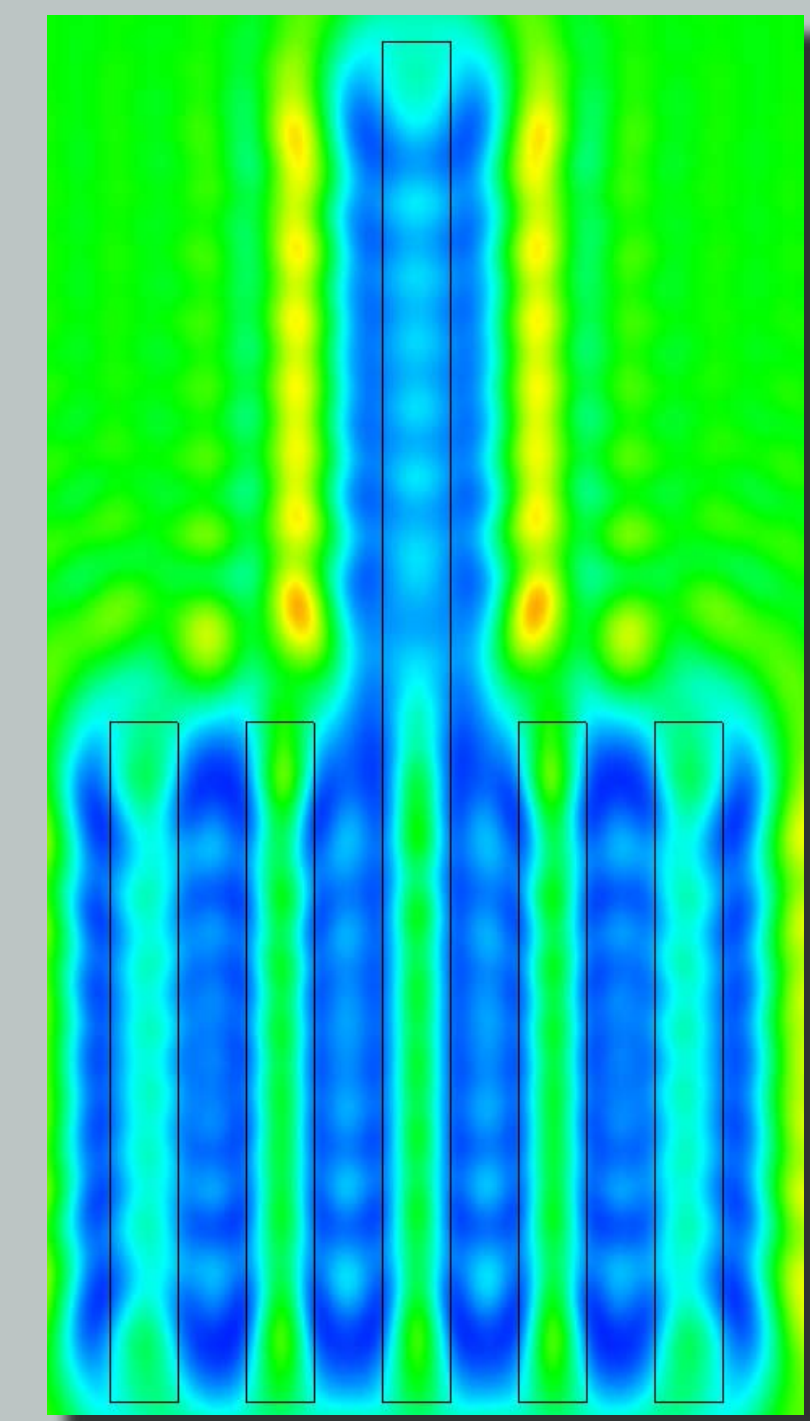
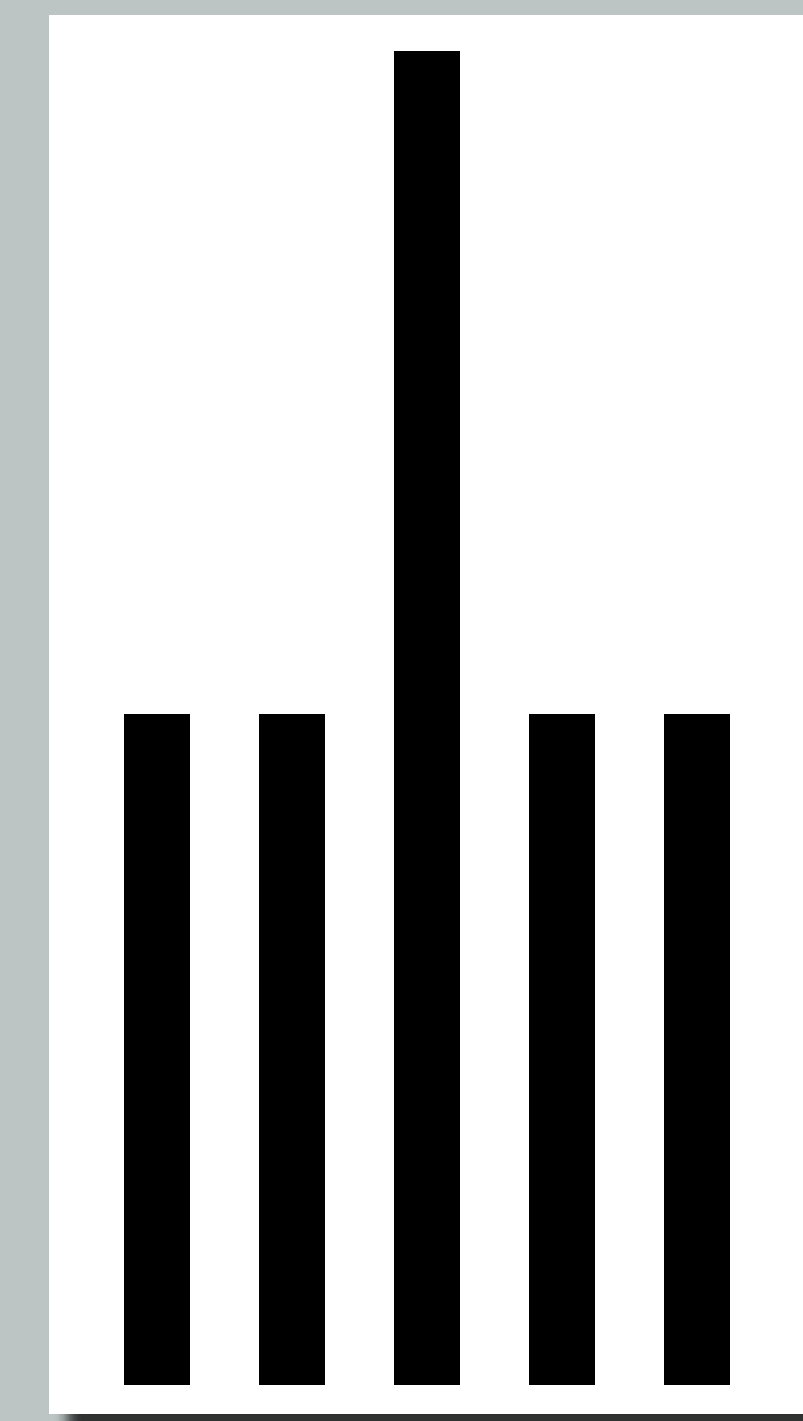
Simulation



Testergebnis in Resist



Rechteckstrukturen von $3 \times 3 \mu\text{m}^2$ ergeben bei einem Proximity-Abstand von $20 \mu\text{m}$ eine ringförmige Intensitätsverteilung, welche im Fotolack abgebildet werden.

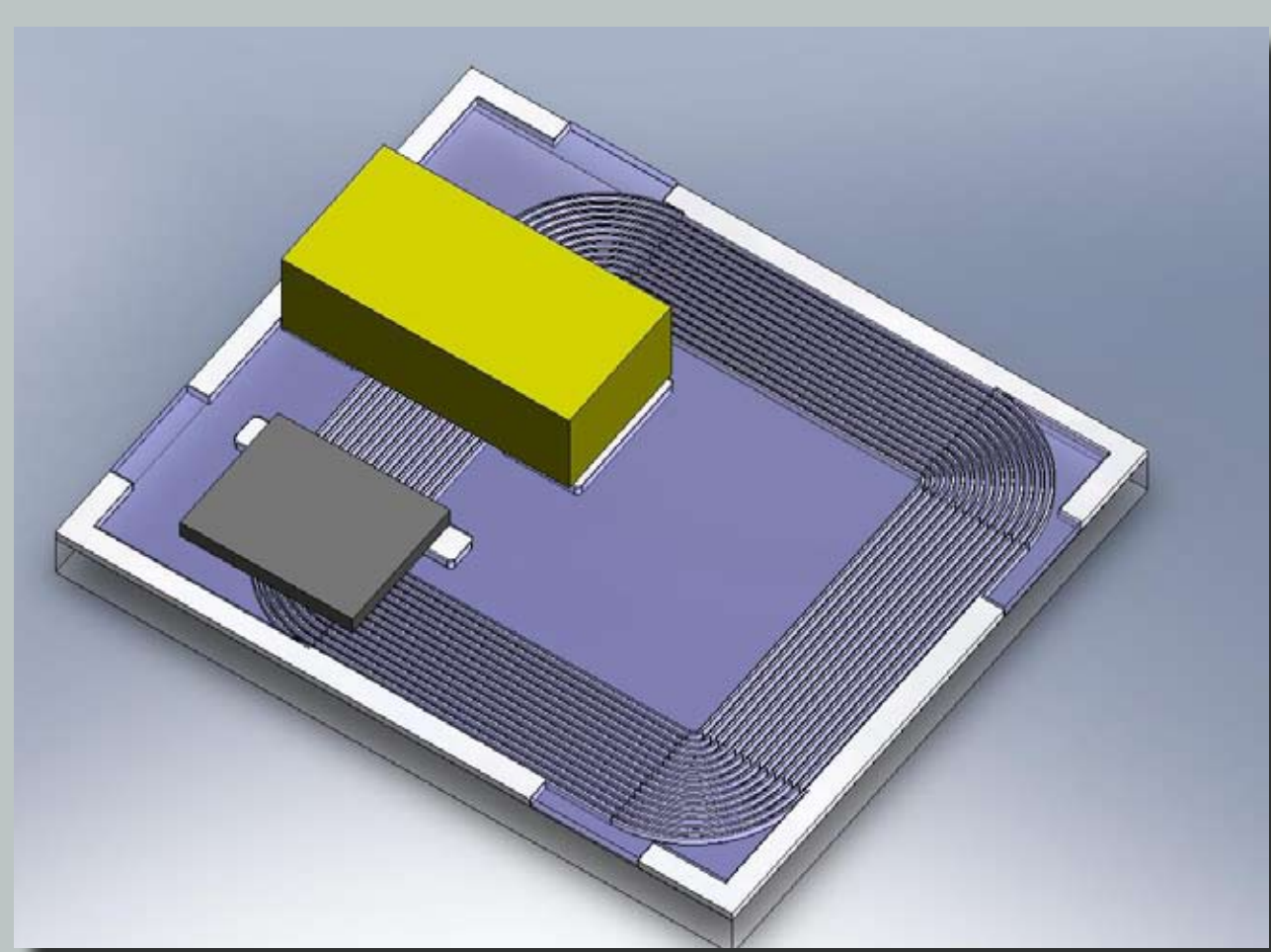


Verbreiterung der Einzellinie

Verschiebung der Intensitätsmaximas

Kontaktlithographie: Line-Space-Strukturen (500 nm); Abweichung der Geometrie durch minimaler Abstand ($\sim 0.6 \mu\text{m}$) zwischen Maske und Fotolack

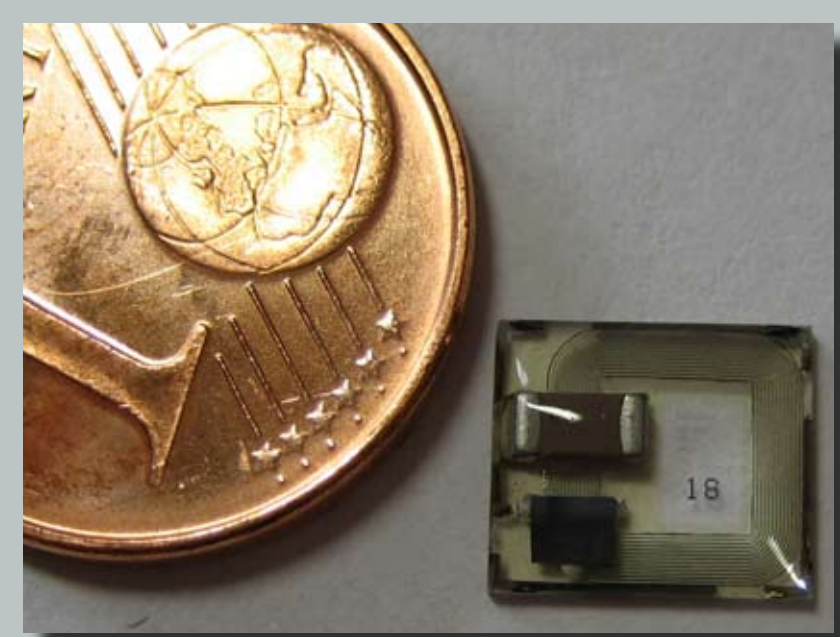
Elektromagnetische Feldsimulation



3-D-Modell eines RFID-Transponders

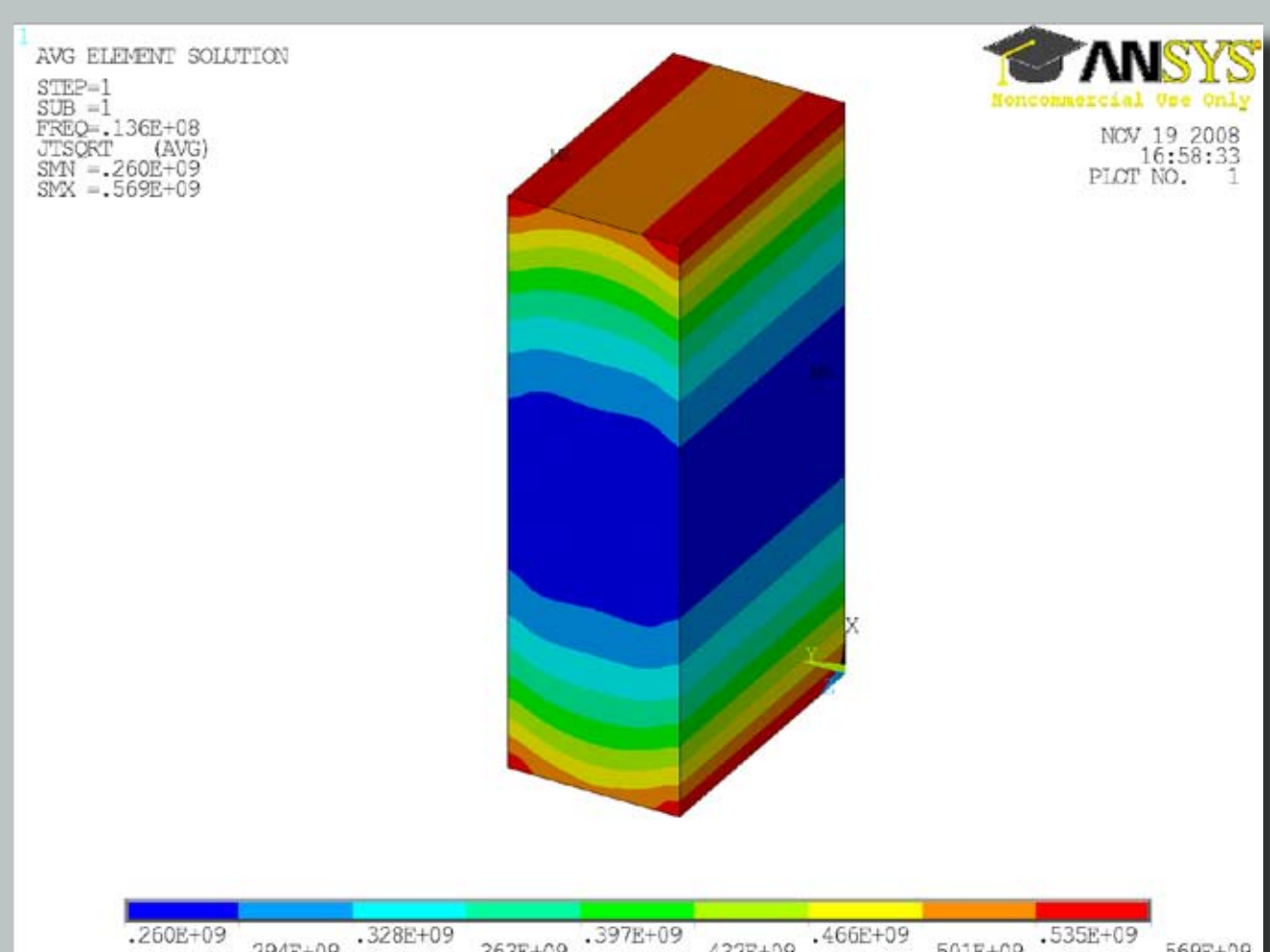
Mit Hilfe der Finite Elemente Simulation werden die elektrischen Eigenschaften des Modells berechnet. Dies ermöglicht bereits vor weiteren Prozessschritten eine Optimierung der signifikanten Parameter.

RFID-Transponder

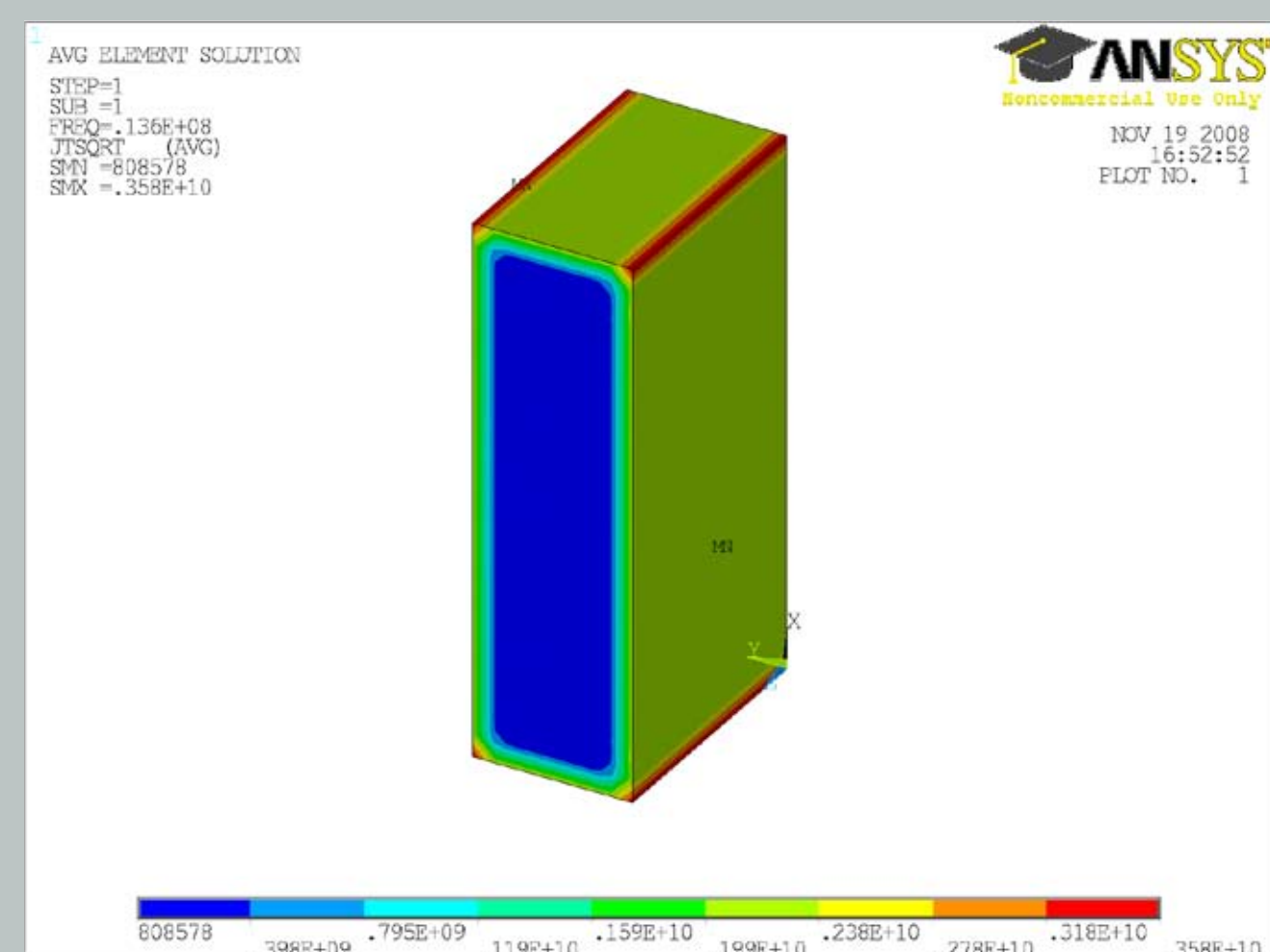


Simulation eines Leiterbahnabschnittes obiger Spule

Die Berechnung der Stromdichte im Leiter zeigt, dass durch den Einfluss des Skin-Effekts der Betrag der Stromdichte in Mantelnähe wesentlich höher ist als im mittleren Bereich. Der Effekt ist stark materialabhängig (siehe Vergleich unten Cu zu Ni) und wirkt sich auf die Reichweite des Transponders aus.



Kupfer (Cu)
Leiterbahnquerschnitt $30 \times 100 \mu\text{m}^2$



Nickel (Ni)
Leiterbahnquerschnitt $30 \times 100 \mu\text{m}^2$

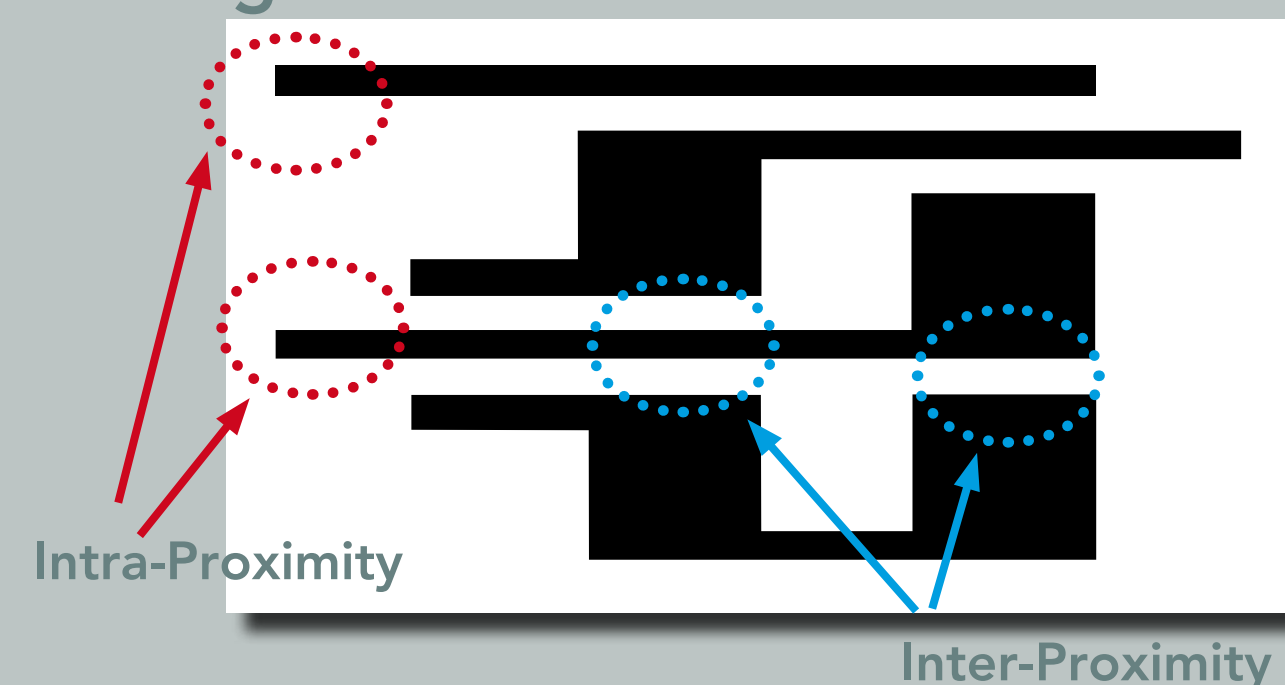
Proximity Effect Correction

Problemstellung

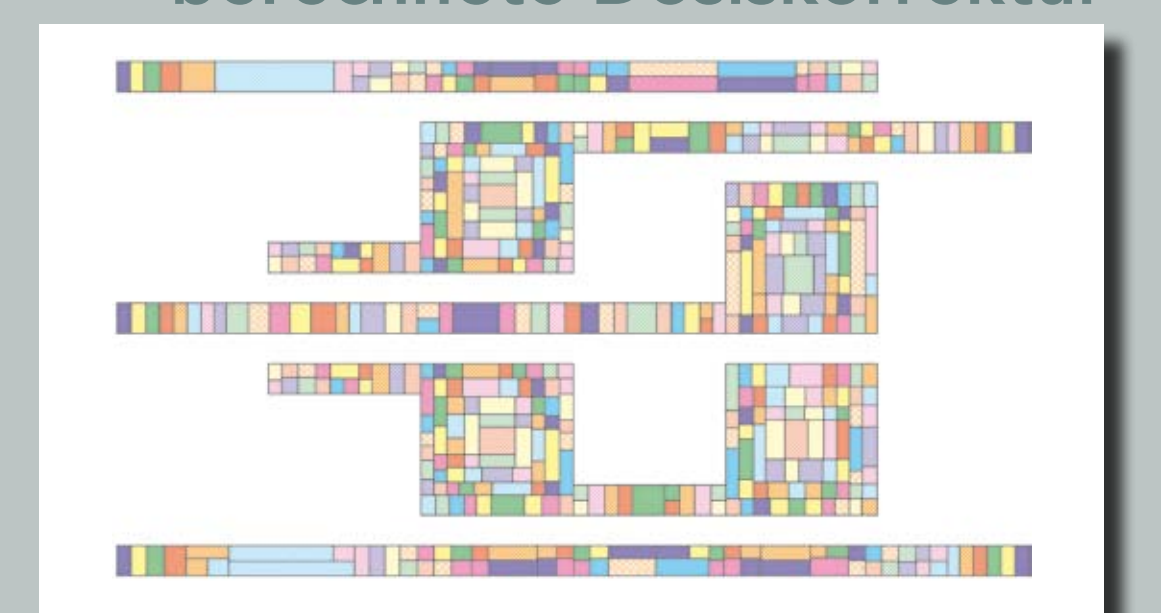
Proximity-Effekt: Die Elektronenstreuung führt bei der hochauflösenden Elektronenstrahlolithographie zu inakzeptablen Verzerrungen wie z.B. verrundeten Eckstrukturen, verkürzten schmalen Stegen (Intra-Proximity) oder Ausschmierungen benachbarter Strukturen (Inter-Proximity).

Durch die Anpassung der Dosis kann der Effekt korrigiert werden

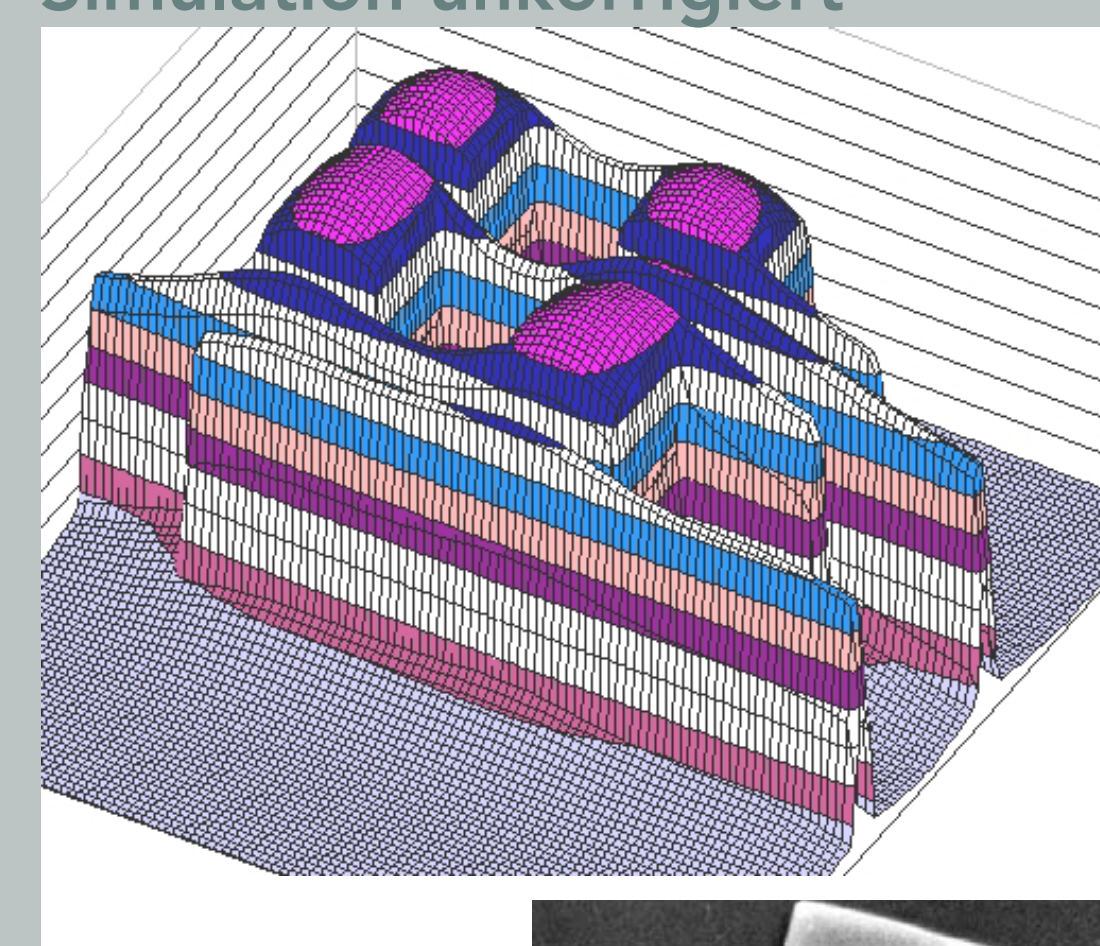
geforderte Struktur



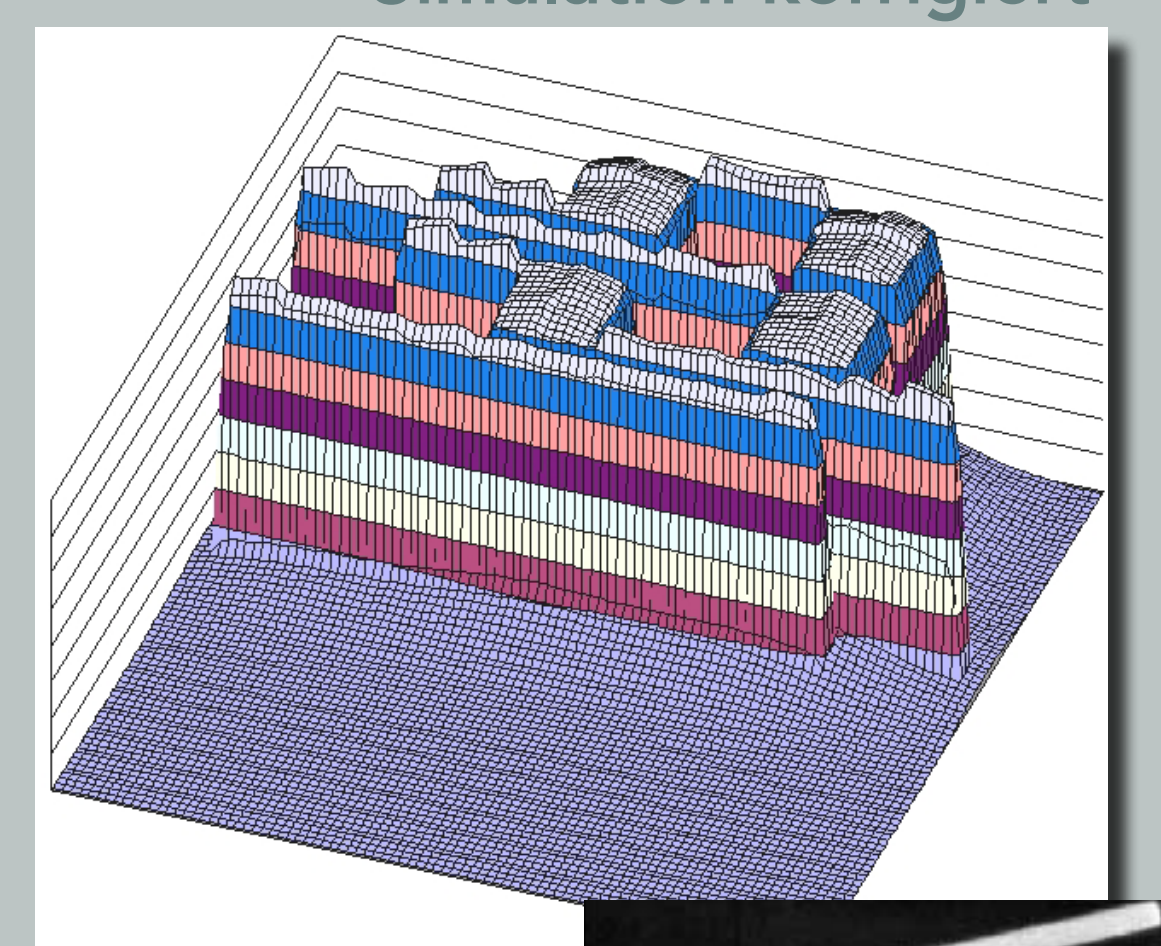
berechnete Dosiskorrektur



Simulation unkorrigiert



Simulation korrigiert



PEC

Korrigierte reale Struktur

