

Elektromagnetische Simulation mit openEMS



Georg Michel



Chemnitzer Linux-Tage 2017

- Wozu elektromagnetische Simulation?
- Wie funktioniert es?
- openEMS in der Praxis
- Ähnliche Projekte und Möglichkeiten zum mitmachen
- Zusammenfassung

Industrie 4.0 + IoT

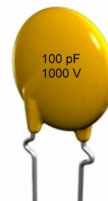
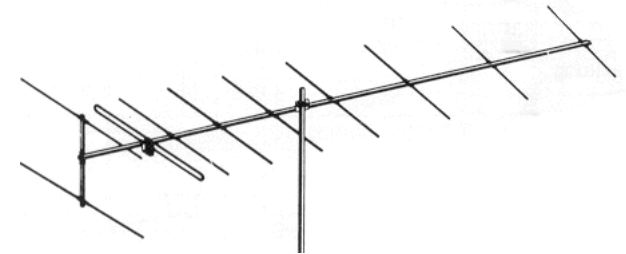


© Eggib@openclipart.org

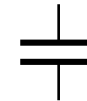
- Exponentieller Anstieg des Datenverkehrs
- Höhere Bandbreite → höhere Frequenz
- Möglichst „wireless“



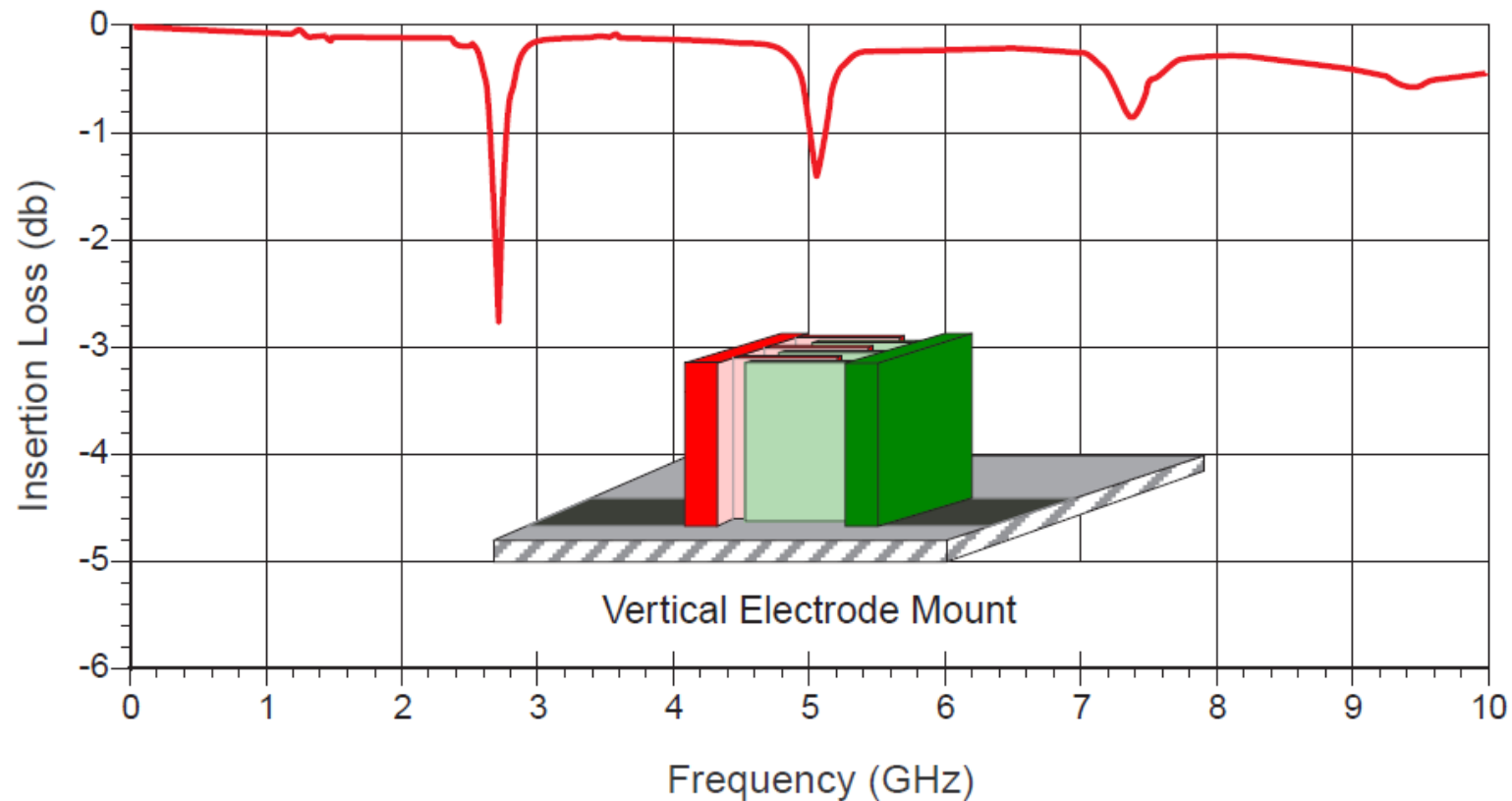
≠



≠

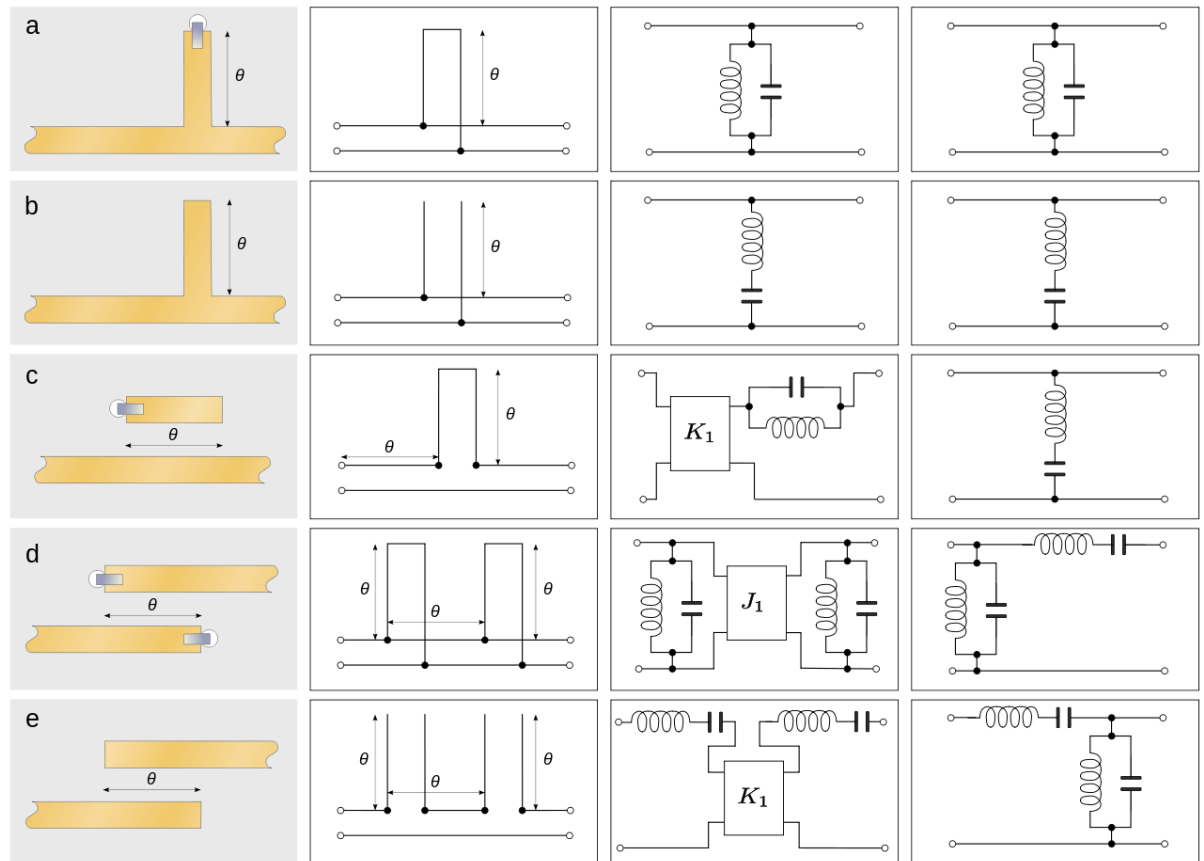


Reale Kondensatoren



© Johanson Technology

LNB f. Sat-TV (5,-€)



© Wikipedia

Klassisches Antennendesign



© Peter Ward, excelworks.info



Heute:
→ Virtuelle Prototypen im Computer

Die Maxwell-Gleichungen

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{E} = \frac{-\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho$$

$$\vec{J} = \vec{\sigma} \cdot \vec{E}$$

$$\vec{B} = \vec{\mu} \cdot \vec{H}$$

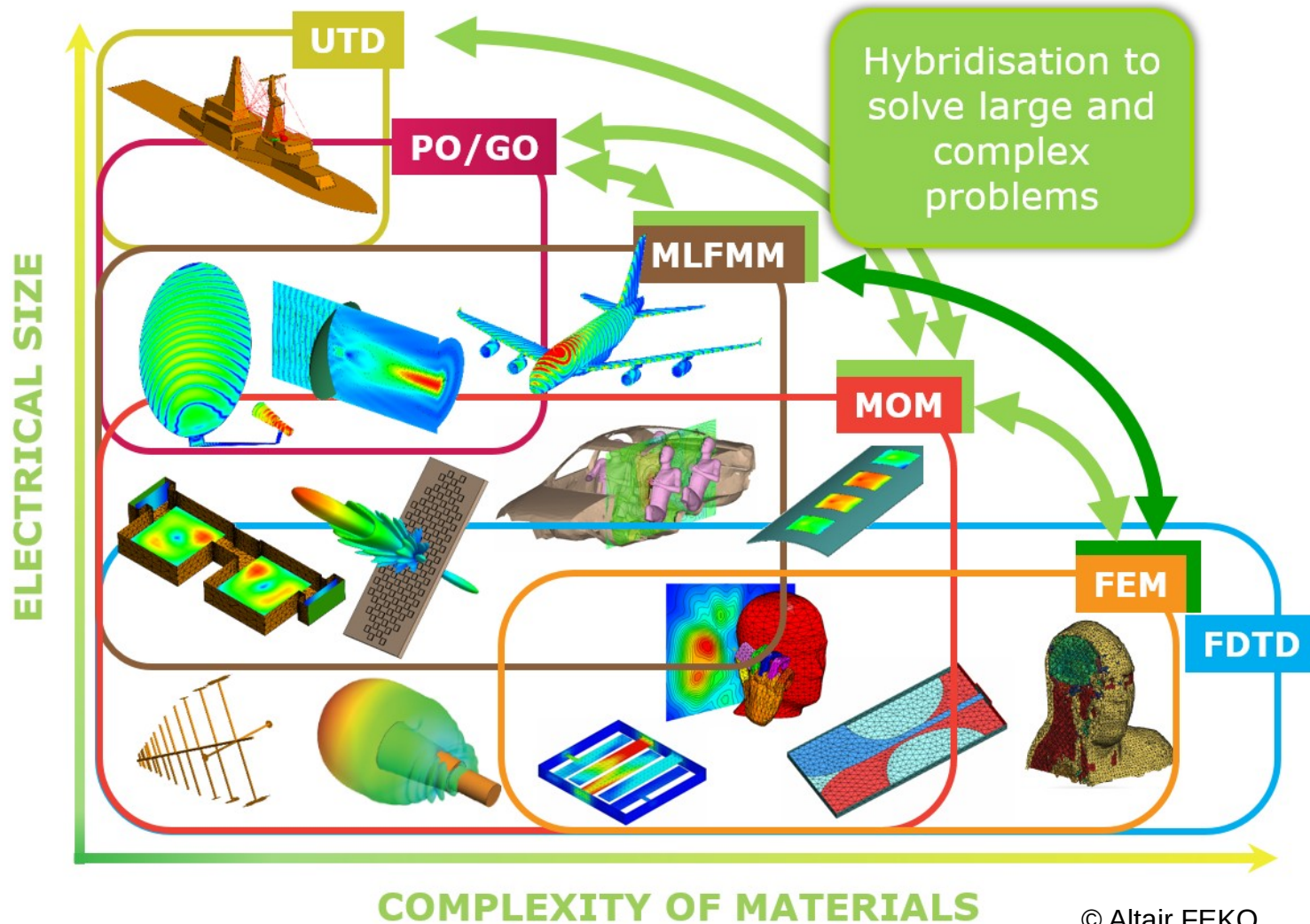
$$\vec{D} = \vec{\epsilon} \cdot \vec{E}$$



...kennen die meisten in Form
von Vereinfachungen:

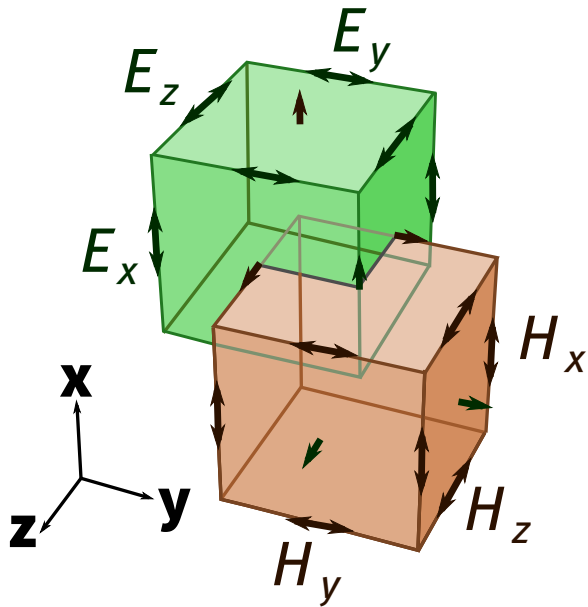
z.B. $R = \frac{U}{I}$ $U = j \omega L \cdot I$

Lösungsverfahren

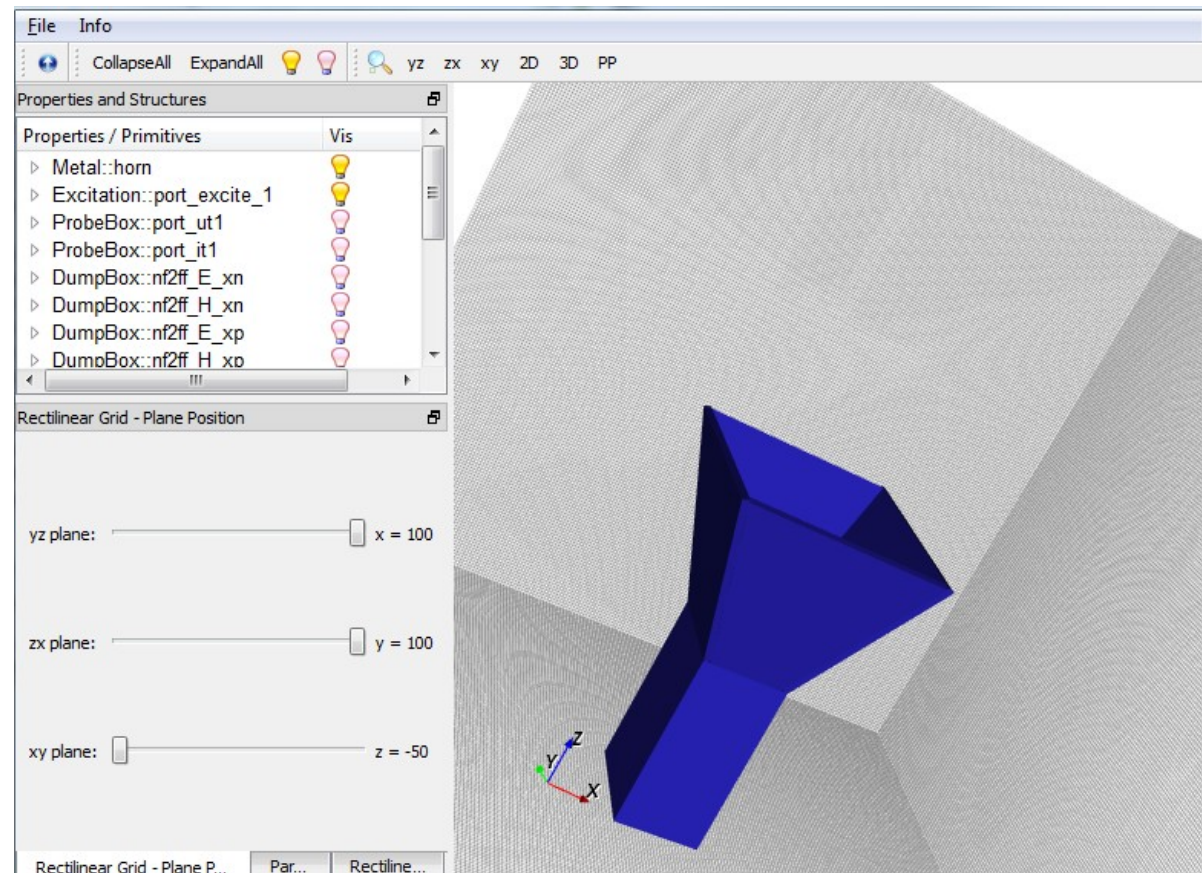


© Altair FEKO

FDTD – Finite Difference Time Domain



© Von FDominec



Ursprung: Uni Duisburg-Essen

Hauptautor: Thorsten Liebig

Gnu Octave / MATLAB (neu: Python)

openEMS	CSXCAD	NF2FF
Hauptprogramm Modelliert die Maxwell-Gleichungen	Bibliothek + Hilfsprogramm modelliert und verwaltet die Geometrie	Hilfsprogramm berechnet abgestrahlte Felder (z.B. Richtdiagramm)

2.4GHz zum Mitschreiben



Zeitlupe 1:7.000.000.000

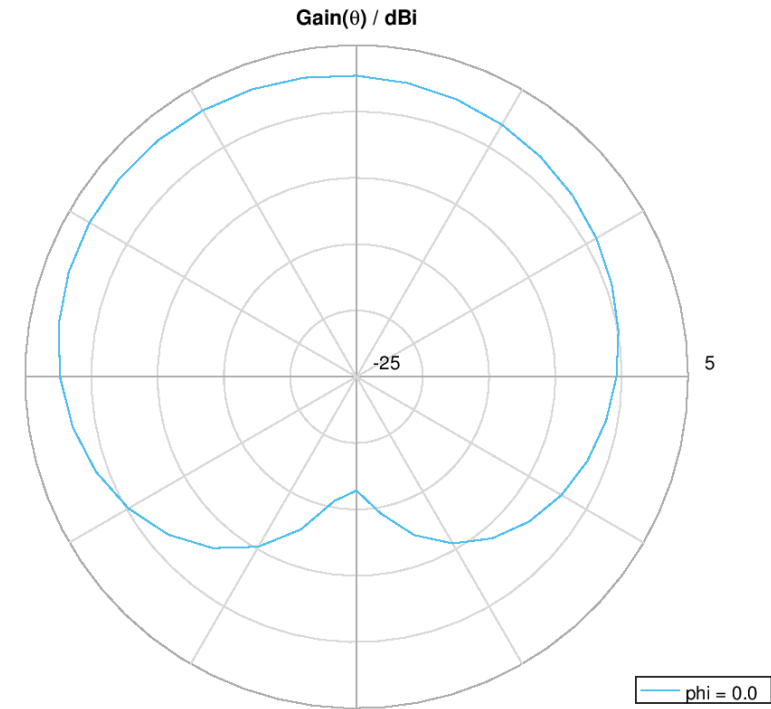
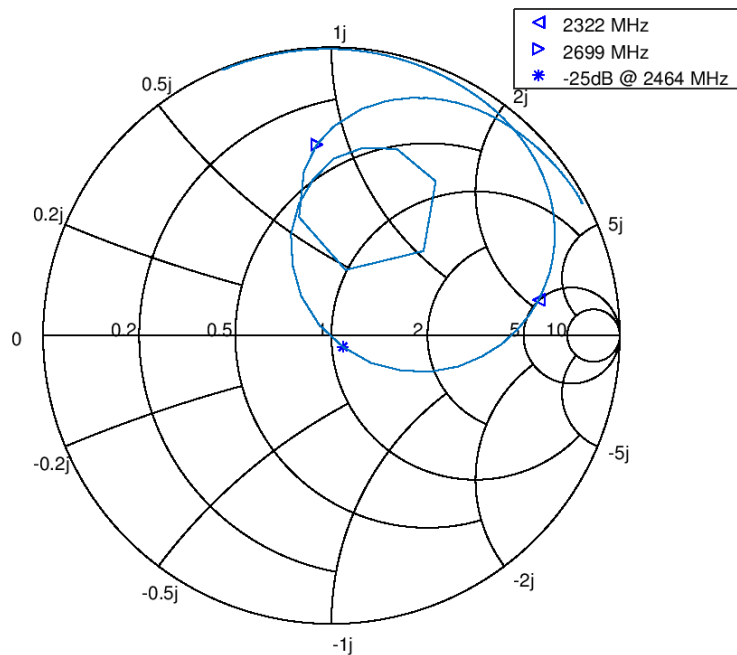
Beispiel 1: Antennen



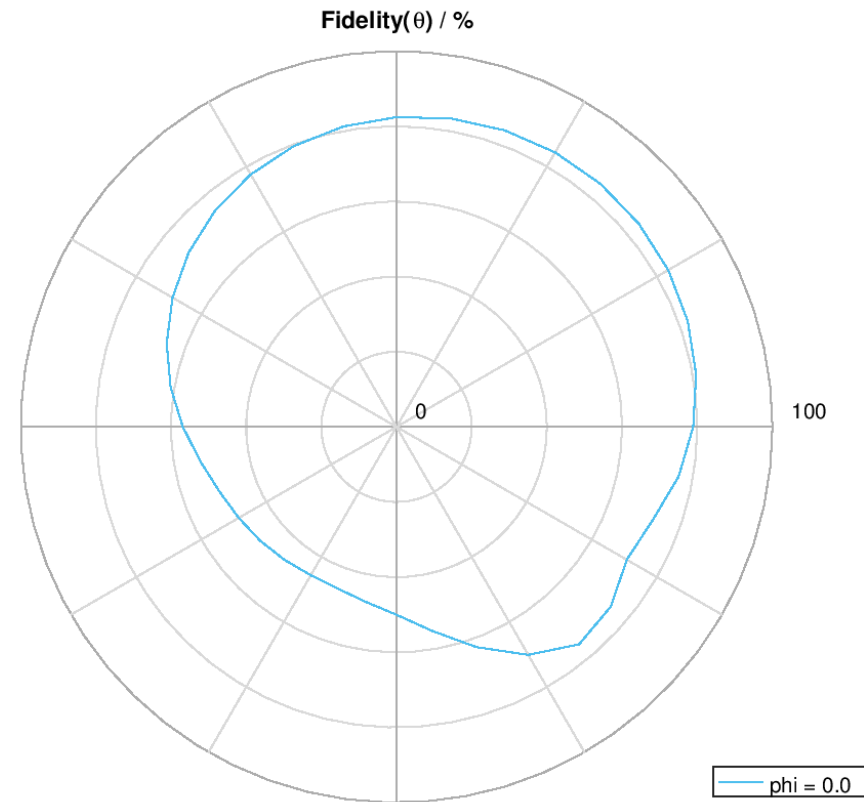
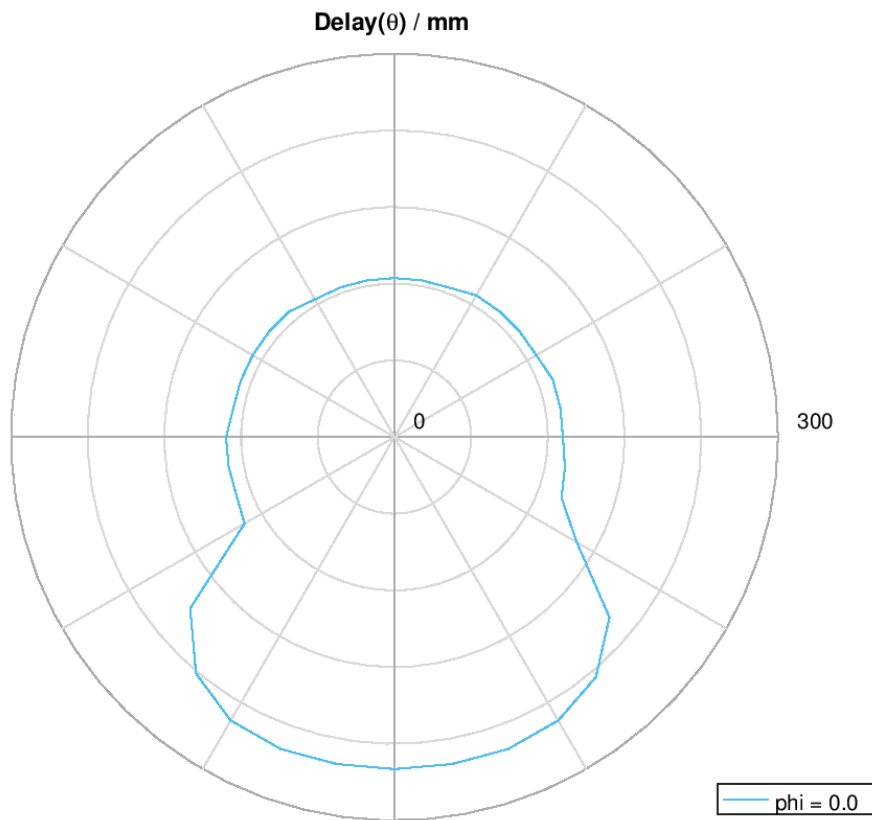
Antenne
2.4GHz

Agilion Tag Swift

Reflexionsfaktor und Richtdiagramm



Delay und Fidelity



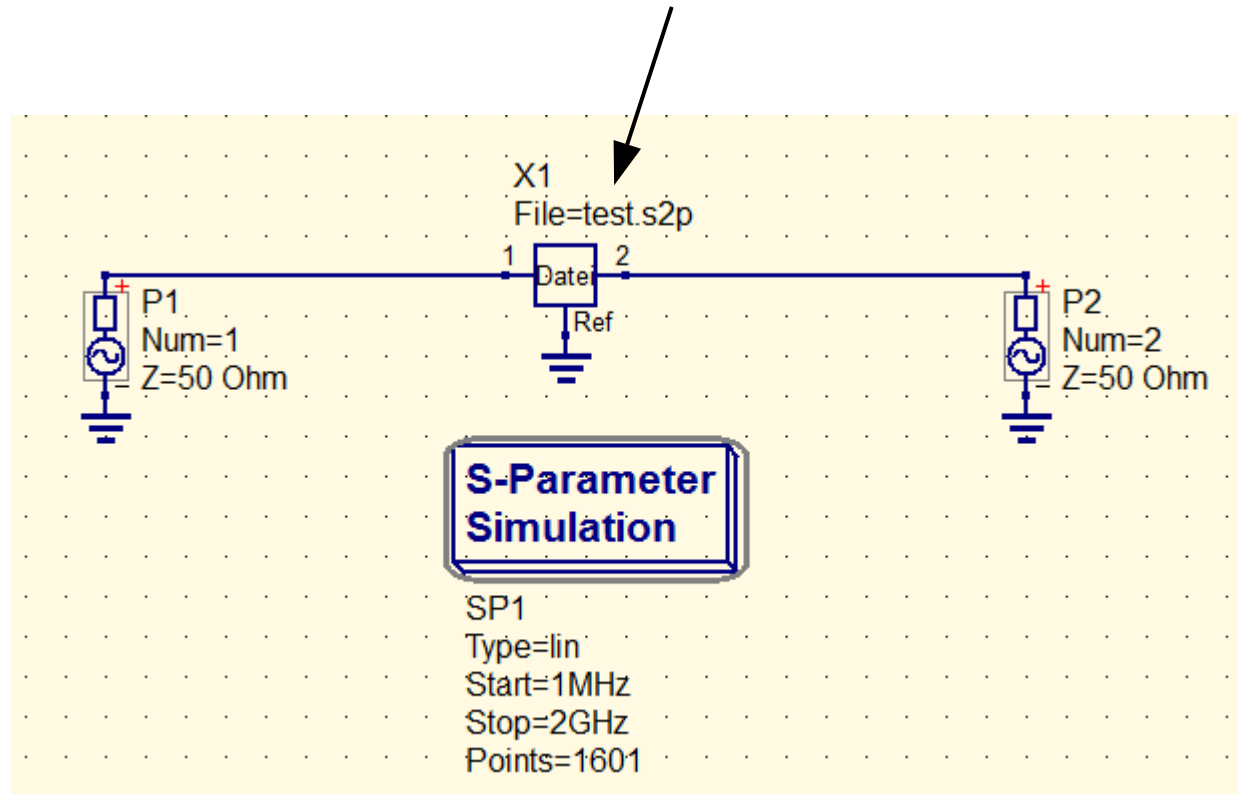
The logo for openEMS, featuring the word "open" in a lowercase sans-serif font and "EMS" in a bold, uppercase sans-serif font. To the right of the text is a stylized graphic of three concentric, overlapping blue arcs, resembling a signal or a stylized 'E'.

Innenleben des Spektrumanalysators Agilent N9344C

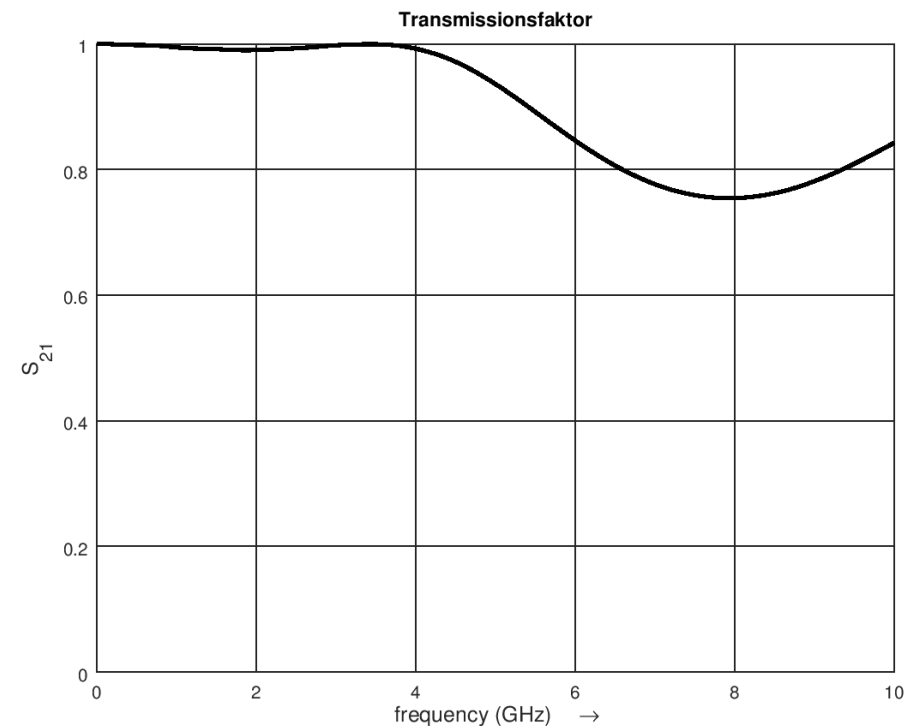
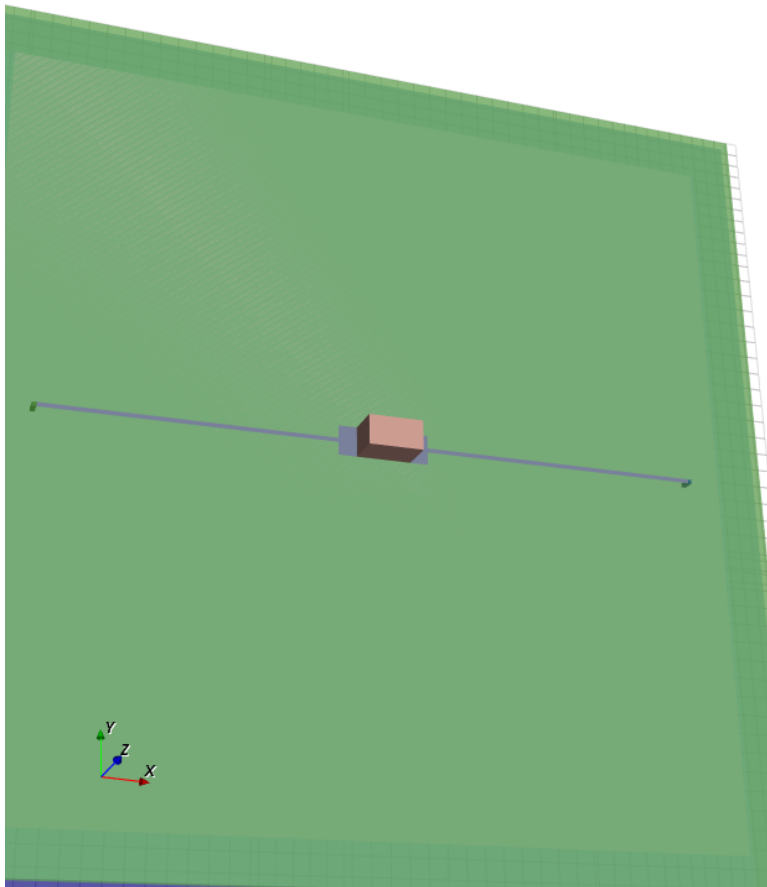
Schaltungssimulation mit modellierten Elementen



Schnittstelle: Touchstone-Files



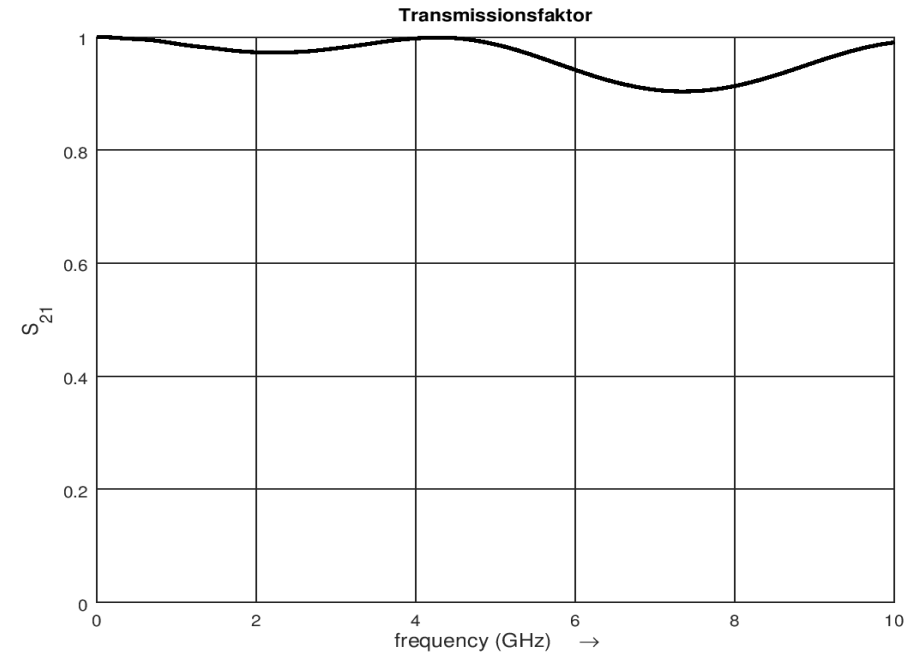
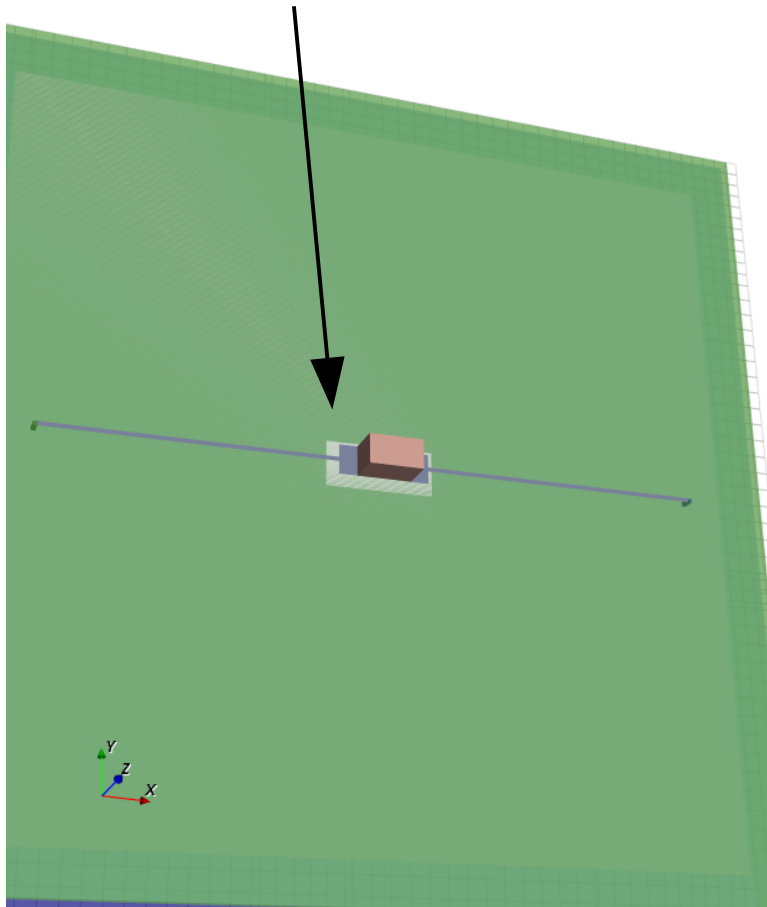
Digitalschaltungen: Kompensation von Löt-Pads



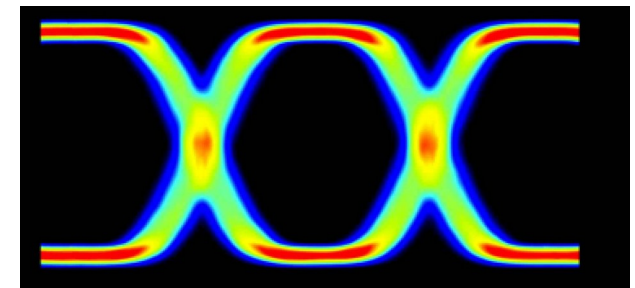
Digitalschaltungen: Kompensation von Löt-Pads



Ausschnitt auf unterer Massefläche

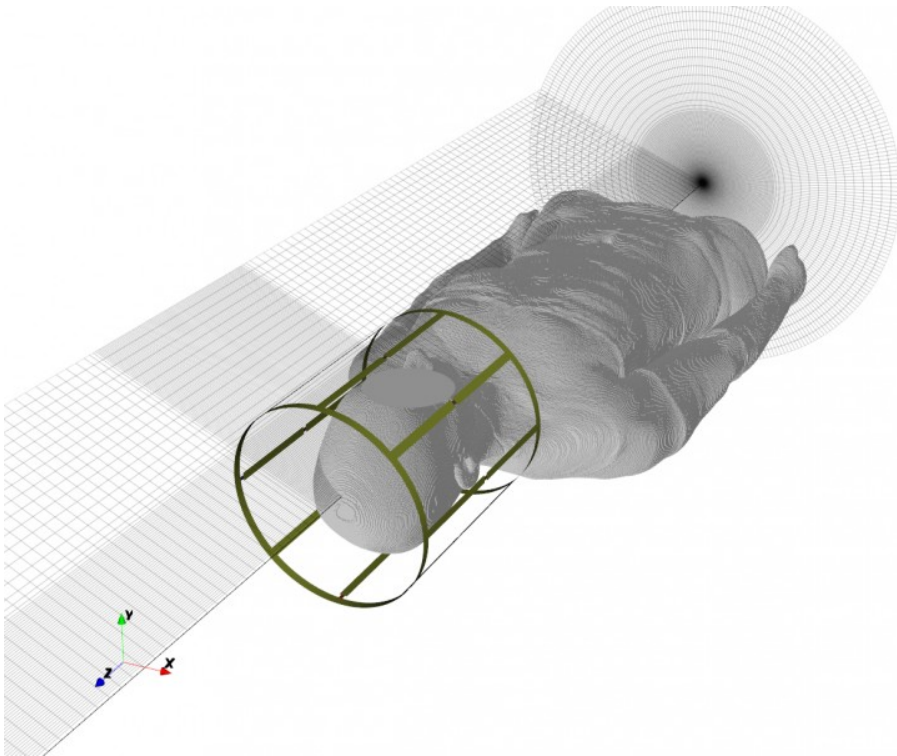


Optimierung des
Augendiagramms

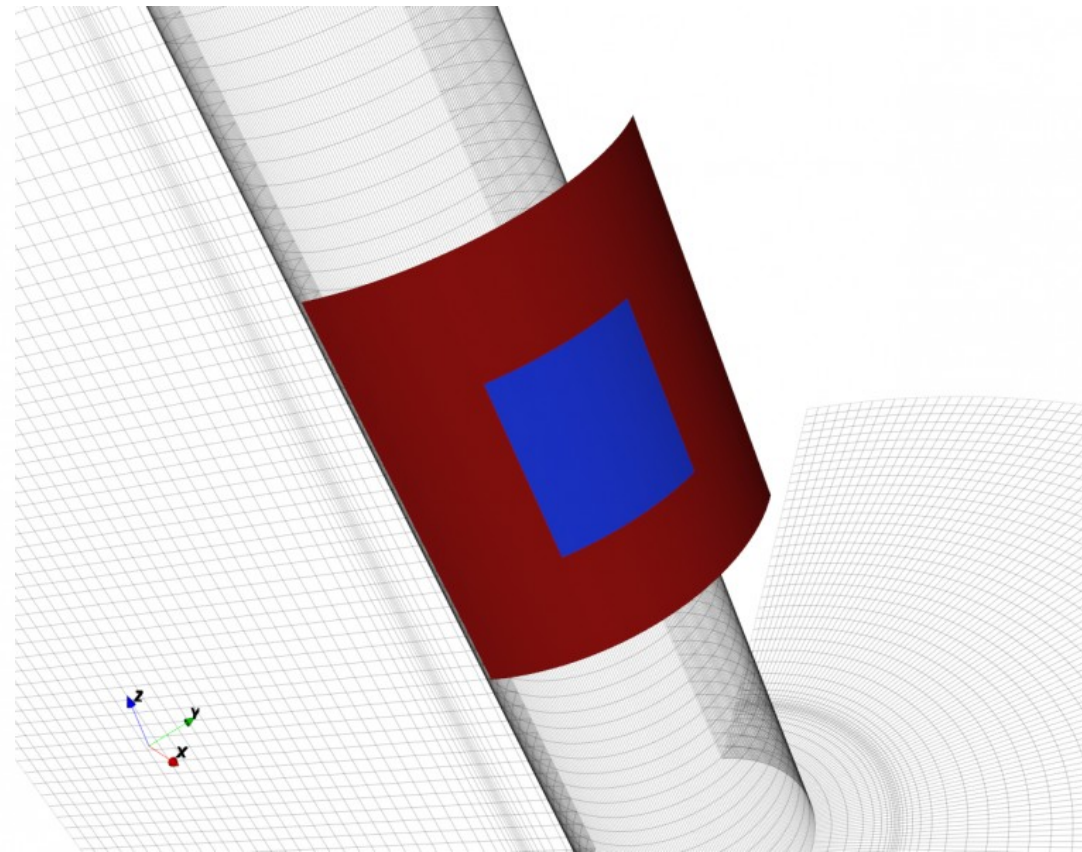


- Gleichzeitige Bearbeitung von Teil-Volumina
- MPI (Message Passing Interface)
- Kann jeder für wenig Geld auf AWS ausprobieren.
- Empfehlung für AWS: Enhanced Networking nutzen.
- ToDo: GPU-Nutzung

Zylindrische Koordinaten



MRI Tutorial



Bent Patch Tutorial

Andere Open Source Projekte



- PUMA-EM (elektromagnetisch große Strukturen)
- NEC (Drahtantennen, häufig im Amateurfunk)
- GLMOM (Microstrip-Strukturen)
- ELMER (FEM, feine Strukturen)
- Mmtl.sf.net (layered 2.5D)
- Meep (FDTD + FDFD)

Möglichkeiten zum Mitmachen



- Neues Python-Interface
- Alternative zu HyperLynx-Import (z.B. KiCAD SVG)
- AEG Mesher Integration
- Salome Integration
- GPU-Einbindung (OpenCL/CUDA)
- Integration von CSXCAD z.B. in FreeCAD

Zusammenfassung



- Moderne Schaltungen werden immer hochfrequenter und breitbandiger.
- Dabei verwischen die Grenzen zwischen konzentrierten und parasitären Elementen.
- Elektromagnetische Simulation ist hierbei für eine exakte Analyse/Synthese nötig (nicht nur für Antennen).
- Es gibt nur wenige freie EM-Simulatoren, deren Bedienung Fachwissen erfordert.
- openEMS ist ausgereift und praxistauglich.