



# Antennen optimieren mit pymininec und plot-antenna

Dr. Ralf Schlatterbeck  
Open Source Consulting

Email: [office@runtux.com](mailto:office@runtux.com)  
Web: <http://www.runtux.com>  
Tel. +43/650/621 40 17



## Terminologie, Akronyme, Anmerkungen

- NEC: Numerical Electromagnetics Code 70er und 80 Jahre Fortran
- kommerzielles NEC-4 ist gleiche Codebasis, NEC-5: Neuentwicklung mit Mininec-ähnlichem Kern
- Mininec: Mini Numerical Electromagnetics Code
- ASAP: Antenna Scatterers Analysis Program
- Wir setzen heute hauptsächlich Code auf Basis von NEC ein
- Ausnahme: MMANA-GAL basiert auf Mininec



## Mininec

- Implementiert in Basic
- Report zur ersten Version 1982, lief auf Univac 1100/82, DEC VAX 11/780 [JLR82], erste Version hat leider noch keine Version im File
- Version 2: Apple II (Buch mit Diskette) 1984
- Version 3 Report 1986, erste IBM-PCs mit Basic ROM [LR86]
- Hat mit NEC nichts zu tun, andere Code-Basis
- Andere Method of Moments Formel (Galerkin) als NEC
- Kompakter code



## Vorteile Mininec: Stepped Diameter

- Korrekt für „stepped Diameter“ Antennen [Ceb04]
- Für HF Yagi-Uda Antennen muss ein Element am Boom dicker sein als aussen (Mechanik!)
- EZNEC verwendet „Leeson Correction“ [Lee92]
- Leeson wohnte auf einem Berg mit viel Wind
- Leeson hat Formel für äquivalentes Element mit gleichbleibendem Durchmesser hergeleitet
- ... und diese mit Mininec verifiziert
- Leeson-Correction nur bei Mittelsymmetrie ohne Impedanzen (Traps), z.B. nicht für Verticals



## Vorteile Mininec

- Bessere als NEC bei Drähten mit kleinem Abstand, unterschiedlicher Durchmesser [Ceb04]
- Rechtwinklige Verbindung von dicken und dünnen Drähten (Beispiel Faltdipol) erzeugen Phantasie-Gewinne mit NEC [Ceb04]
- funktioniert gut mit Mininec
- Probleme bestehen teilweise auch noch bei kommerzieller NEC-4 Variante
- Liegt an NEC's Modellierung mit Sinus/Cosinus/Konstant Anteil



## Nachteil Mininec Bodenmodell

- Ground (Boden) Modell ist sehr simpel
  - ... aber besser als NEC's simples Ground-Modell
  - Ground nur für Fernfeld
  - Antennen-Impedanz mit Ground wird mit idealem Ground berechnet
  - ... daher Einfluss Ground auf Impedanz nicht erfasst
- Sommerfeld-Norton Ground Model
- Eine erste Implementierung in Python: sompy



## Nachteil Mininec Resonanz

- Resonanz für Lineare Antennen (Dipol, Yagi-Uda) niedriger als simuliert (es muss gekürzt werden)
- Effekt wird mit mehr Elementen kleiner
- Length-tapering (kürzere Elemente am Ende) verkleinert den Effekt

→ Grafik

Lewallen zitiert einen Ham: "My personal favorite is the 45 dB gain I get [with a dipole] at 0.110 feet [high, over a poor ground]. Boy, am I gonna be a big shot on 75 meters now" [Lew91]



## History pymininec

- Ursprünglich 1:1 Re-Implementierung in Python
- Vektorisierung mit numpy (Geschwindigkeit!)
- Wie Testet man das??
- pcbasic ist Basic Interpreter in Python
- Emuliert damalige Memory Limits sehr sorgsam
- Damit konnte ich keine größeren Modelle testen
- Yabasi: Yet Another BASIC Interpreter
- Ursprünglich über ein langes Wochenende entwickelt
- Kann inzwischen auch CGA-Grafik: GRAPS :- ) [Lai85]
- pymininec erzeugt Text-Inputs für Basic-Mininec



## Speedup pymininec

- Impedanz-Matrix Berechnung: Faktor 50
- ... von 23 Sekunden zu 0.44 Sekunden für 12-Element Yagi-Uda mit 22 Segmenten pro Element
- Fernfeld-Berechnung: Faktor 200
- Von 19s zu 0.09s für die gleiche Yagi-Uda mit 5° Auflösung
- Nahfeld-Berechnung: Faktor 5 noch Luft nach unten
- Damit sind wir in der selben Größenordnung wie nativer C-Code (NEC)



## Features Mininec / pymininec

- Mehrere Feedpoints mit mehreren Spannungen / Phasen
- Simple Ground-Model
- Radials
- Lineare / Kreisförmige Höhen von Ground
- Fernfeld, kugelförmig (Phi / Theta)
- Nahfeld mit gegebener 3D-Matrix der Messpunkte
- Programm ist Kommandozeilen-orientiert
- Original-Mininec hat alle Parameter mit Prompts abgefragt



## Erweiterungen pymininec

- Impedanz von nicht-idealen Drähten (Al, Cu, ..)
- Neue Geometrie-Elemente (nicht nur gerade Drähte)
  - Arc (Kreisbogen)
  - Helix
- Geometrie-Transformationen
  - Vergrößern / Verkleinern (z.B. Zoll statt Meter)
  - Verschieben
  - Drehen



## Erweiterungen pymininec

- Mininec hat schon eine Laplace-Load Implementierung
- Lumped Loads (punktuelle Impedanzen??) mit Laplace Modell
  - RLC Loads
  - Traps
- Isolierte Drähte → Grafik Blog [[Sch24](#)] [[Wu61](#)]
- Roy hatte mir ein Paper empfohlen [[Ric74](#)], die Implementierung war bei mir numerisch instabil  
→ NEC ist numerisch instabil bei Modellierung von Isolation



## Plotten mit plot-antenna

- Ursprünglich zusammen mit pymininec entwickelt
- Inzwischen eigenes Projekt
- Daten von nec2c, NEC (Fortran), Mininec, pymininec, ASAP
- Backends für matplotlib und plotly
- Gedruckte Doku vs. Web
- Antennen-Pattern
- ARRL-Scaling, Linear, Linear Voltage, linear dB
- 3D oder 2D (Azimuth, Elevation) Elevationswinkel!
- SWR, Impedanz (real/imag oder Betrag/Winkel)
- Antennen-Geometrie



## Software

- <https://pypi.org/project/pymininec>
- `pip install pymininec`
- <https://pypi.org/project/plot-antenna>
- `pip install plot-antenna`
- <https://github.com/schlatterbeck/sompy>
- Statt `pip` eventuell `python -m pip`



## Bibliography

- [Ceb04] L. B. Cebik. When MININEC is superior to NEC. In *Antenna Modeling Notes*, volume 3, chapter 56, pages 92–106. *antenneX Online Magazine*, 2004.
- [JLR82] Alfredo J. Julian, James C. Logan, and John W. Rockway. Mininec: A mini-numerical electromagnetics code. Technical Report NOSC TD 516, Naval Ocean Systems Center (NOSC), San Diego, California, September 1982.



## Bibliography

- [Lai85] R. T. Laird. GRAPS: GRAPHical Plotting System. Technical Document 820, Naval Ocean Systems Center, July 1985.
- [Lee92] David B. Leeson. *Physical Design of Yagi Antennas*. *American Radio Relay League (ARRL)*, 1992.
- [Lew91] Roy Lewallen. Mininec: The other edge of the sword. *QST*, pages 18–22, February 1991.



- [LR86] J. C. Logan and J. W. Rockway. The new MI-NINEC (version 3): A mini-numerical electromagnetic code. Technical Report NOSC TD 938, Naval Ocean Systems Center (NOSC), San Diego, California, September 1986.
- [Ric74] J. H. Richmond. Radiation and scattering by thin-wire structures in the complex frequency domain. Contractor Report CR-2396, NASA, Columbia, Ohio, May 1974.
- [Sch24] Ralf Schlatterbeck. Modeling a wire anten-



- na with insulation. Blog post, [Open Source Consulting](#), September 2024.
- [Wu61] Tai Tsun Wu. Theory of the dipole antenna and the two-wire transmission line. *Journal of Mathematical Physics*, 2(4):550–574, July 1961.