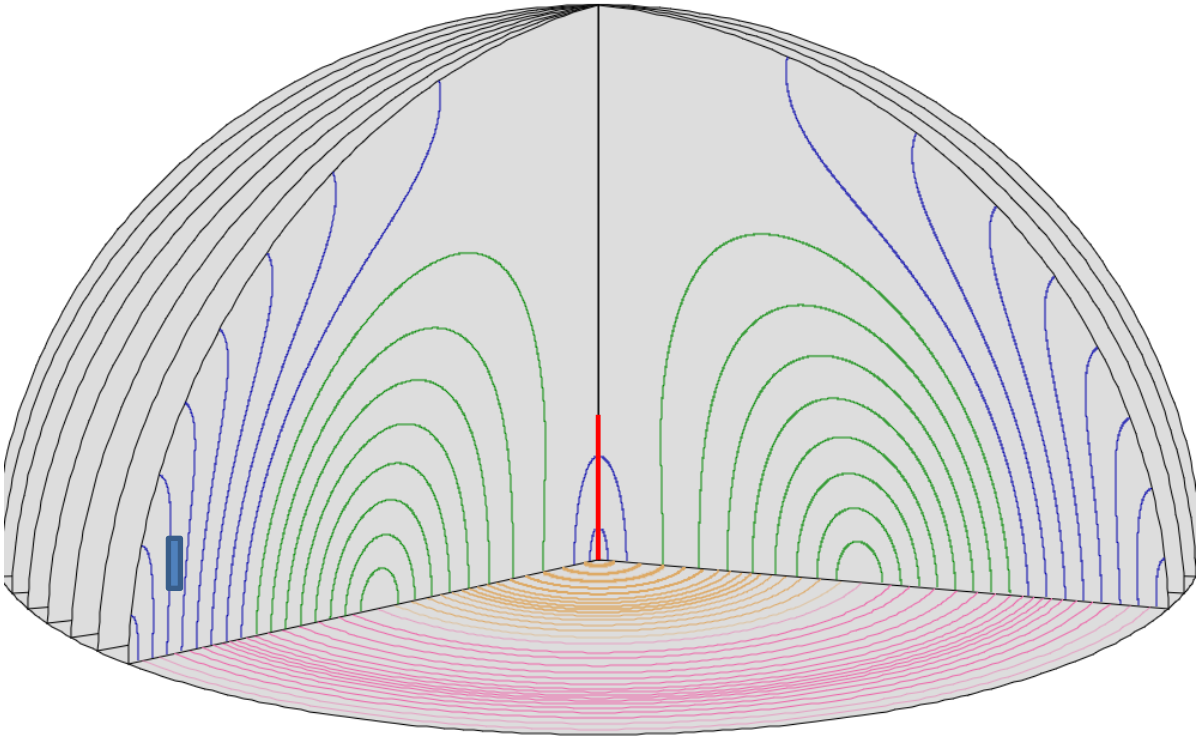
Grundlagen der MiniWhip-Antenne (Impedanzwandler-Aktivantenne)

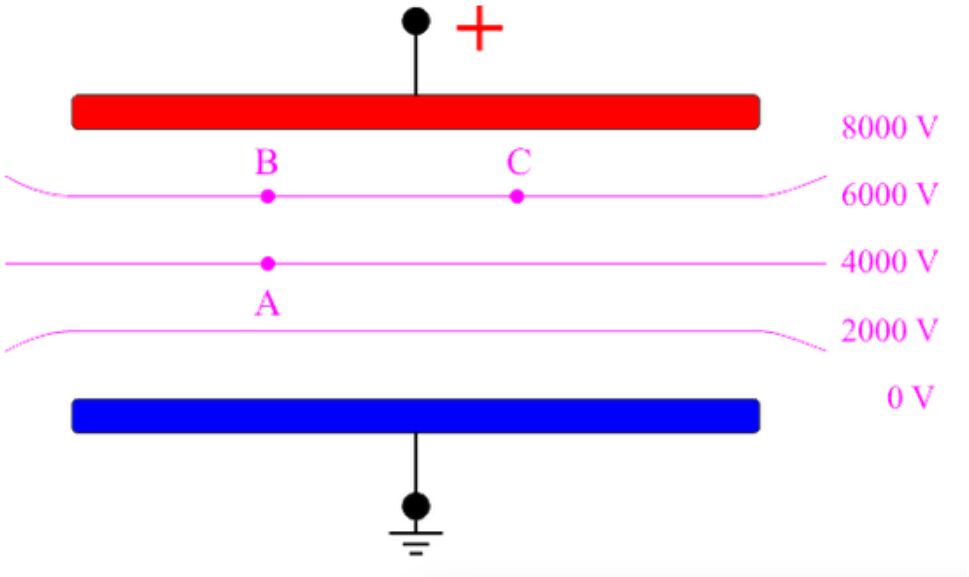
Nach Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM, zusammengestellt von DL6OAA

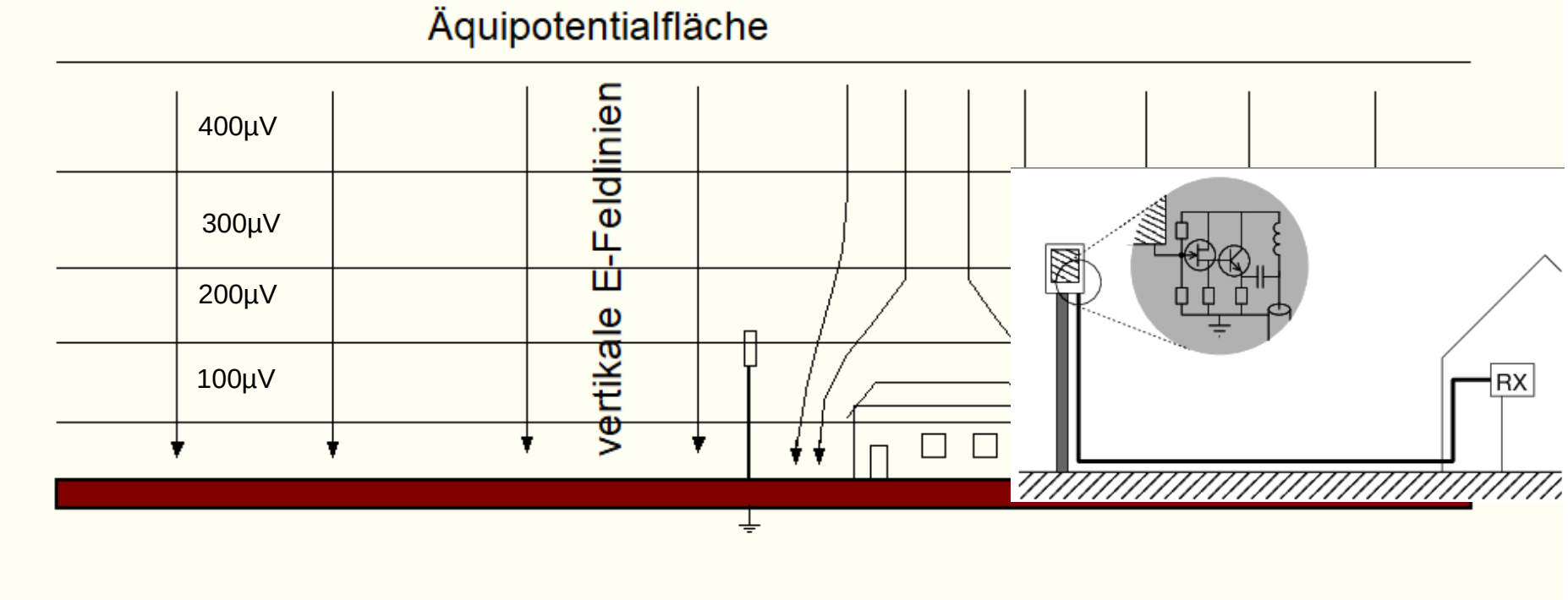
Gehen wir von folgenden Annahmen aus: Die Masthöhe ist klein im Vergleich zur Wellenlänge und das zu empfangende Signal ist vertikal polarisiert. Dies sind vernünftige Annahmen: Die MiniWhip wird oft als Antenne für LF und MF (also mit Wellenlängen von Hunderten von Metern) angepriesen, und diese Signale sind überwiegend vertikal polarisiert (aufgrund des Einflusses der relativ nahen leitenden Erde). Bei höheren HF-Frequenzen werden diese Annahmen je nach Masthöhe weniger realistisch.



https://www.didaktikonline.physik.uni-muenchen.de/programme/dipolstr/Dipolstr1c.html?m=101001#

Ein solches vertikal polarisiertes Funksignal erzeugt im Bereich um die Antenne vertikale Feldlinien und damit die sogenannten **Äquipotentialflächen** (Flächen, auf denen das Potential, also die Spannung gegen Masse, überall gleich ist).

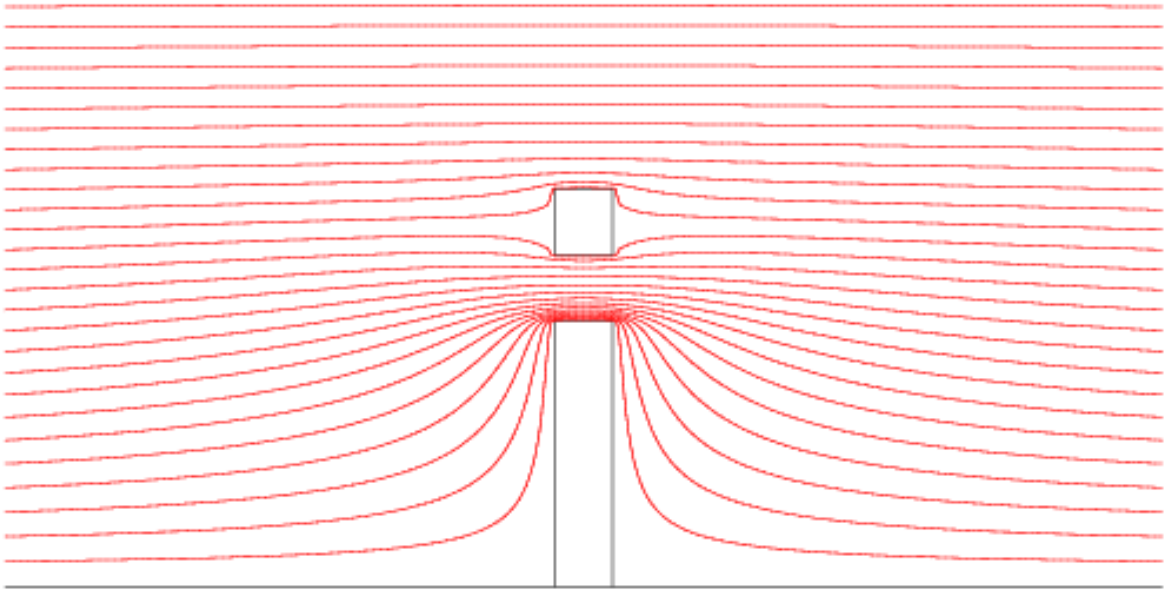




Die Metallplatte in der MiniWhip hat das gleiche Potential wie die sie kreuzende Äquipotentialfläche.
Der Verstärker misst die Potentialdifferenz zwischen Platte und Mast, puffert diese und legt dieselbe Potentialdifferenz zwischen Schirm und

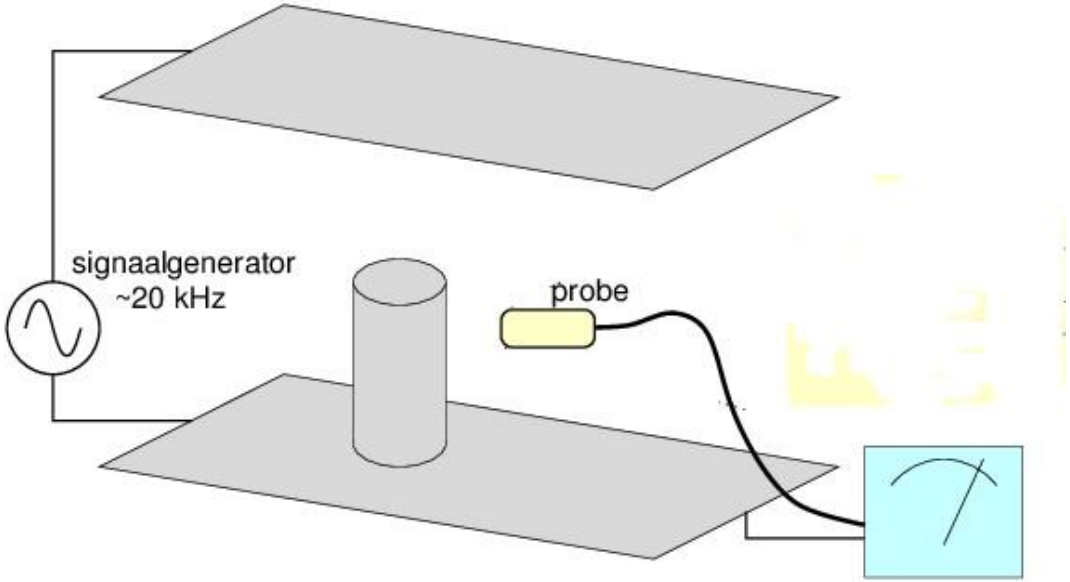
Innenleiter des Koaxialkabels. Das ist entscheidend: Das Signal, das im Empfänger landet, ist die Potentialdifferenz zwischen Platte und Mast.

Aber: Wenn der gesamte Mast auf Erdpotential liegt, können die höheren Äquipotentialflächen ihn nicht kreuzen und müssen daher verzerrt werden.



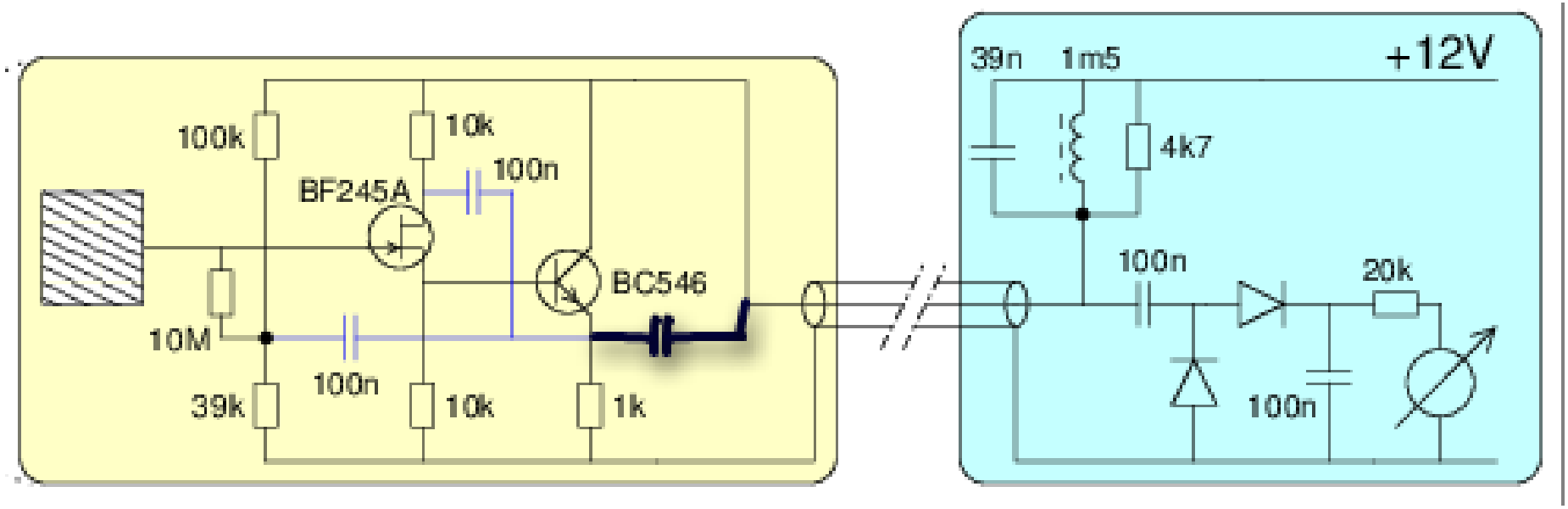
Das Bild basiert auf einer sogenannten „quasi-statischen“ Näherung. Das bedeutet, dass sich die Felder so langsam ändern (Frequenzen sind so niedrig), dass wir davon ausgehen können, dass sie zu jedem Zeitpunkt konstant sind. Bei konstanten Feldern liegen alle Punkte eines Leiters (wie der Mast im Bild) auf dem gleichen Potential (Masse beim Mast).

Messung der Äquipotentialflächen

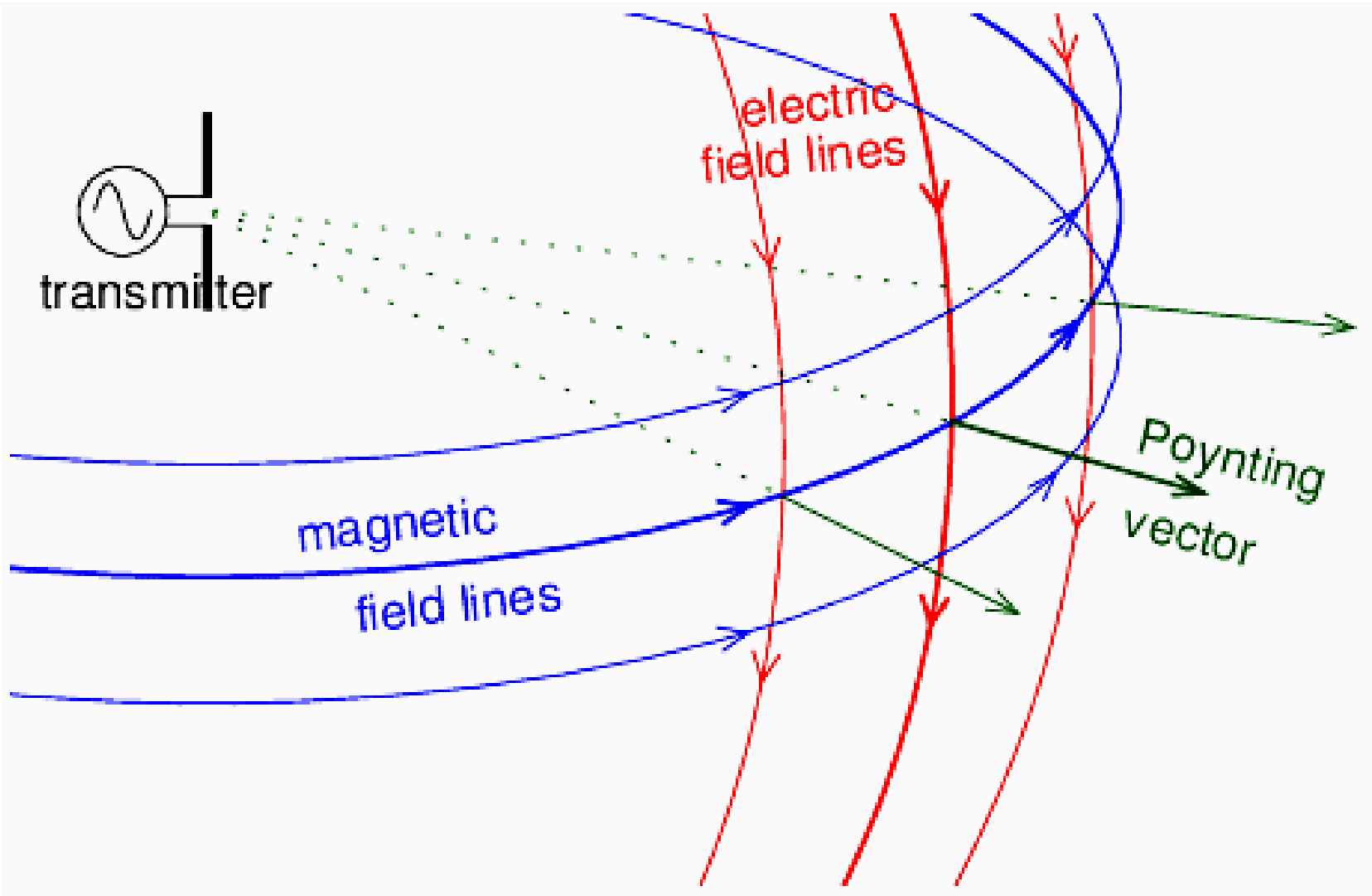


Wir sehen zwei große leitfähige Platten, zwischen denen eine Wechselspannung angelegt wird. Zwischen den Platten gibt es also ein elektrisches Feld, das dem Feld eines weit entfernten vertikal polarisierten Senders ähnelt. Wir können z.B. ein Stapel Metalldosen auf der unteren Platte, um einen Mast zu simulieren. Mit der „Sonde“ können wir das Potential überall messen; oder genauer gesagt, wir können die Potentialdifferenz bzgl. Boden messen, in diesem Fall die untere Platte.

Die Sonde selbst besteht aus einem Stück Metall, gefolgt von einem Verstärker mit sehr hoher Eingangsimpedanz. Tatsächlich macht dieser Verstärker dasselbe wie der Verstärker in der MiniWhip. Sie misst nicht das Potential am Ort der Sonde, sondern die **Potentialdifferenz zur Erde**, wobei die Massereferenz über die Abschirmung des flexiblen abgeschirmten Kabels zwischen Sonde und Messgerät ankommt.



Richtwirkung kleiner Antennen



Betrachten Sie das vertikal polarisierte Feld in der vorherigen Abbildung. Die elektrischen Feldlinien am Ort des Empfängers verlaufen senkrecht, egal ob der Sender links oder rechts, vorne oder hinten ist. Aus dem elektrischen Feld können wir also nicht schließen, aus welcher Richtung das Signal kommt.

Dagegen sagen die magnetischen Feldlinien etwas über die Richtung aus. Zum Beispiel: Befindet sich der Sender westlich von uns, verlaufen die magnetischen Feldlinien in Nord-Süd-Richtung. Befindet sich der Sender nördlich von uns, verlaufen die magnetischen Feldlinien nach Osten/Westen. Das ist aber nicht eindeutig: Wäre der Sender südlich von uns, würden auch die Magnetfeldlinien Ost/West verlaufen. Mit anderen Worten: Bei einem vertikal polarisierten Signal sagen uns die magnetischen Feldlinien, aus welcher Richtung das Signal kommt, allerdings mit einer Unsicherheit von 180 Grad. Und das kennt man natürlich von tragbaren Mittelwellenfunkgeräten mit eingebauter Ferritstabantenne: Eine solche Antenne ist richtungsempfindlich, aber wenn man sie um 180 Grad dreht, ändert sich der Empfang nicht.

Richtwirkung der MiniWhip

Und was ist mit der MiniWhip? Wir haben bereits gesehen, dass sie auf die elektrische Komponente eines vertikal polarisierten Signals anspricht und dass sie klein im Vergleich zur Wellenlänge ist. Dann ist nur ein Schluss möglich: Sie ist nicht richtungsempfindlich.

Die MiniWhip hat jedoch eine Nullstelle direkt nach oben: Sie reagiert nicht auf Signale, die direkt von oben kommen. Bei solchen Signalen sind sowohl die elektrischen als auch die magnetischen Feldlinien horizontal, und dann gibt es nichts mehr, auf das diese Antenne reagieren könnte.

Anmerkung DL6OAA: Das steht so im Originaltext, ist aber eigentlich Unsinn, denn die elektrische und magnetische Komponente der elektromagnetischen Welle stehen im Fernfeld immer senkrecht aufeinander.

Schlussfolgerungen

Was können wir aus all dieser Theorie schließen?

- Die MiniWhip ist vertikal polarisiert.
- Erdung ist wichtig: Wenn die Antenne nur im Shack geerdet wird, über das Koaxialkabel, kann viel Rauschen aufgenommen werden. Übrigens muss diese Erdung nicht galvanisch sein: Ein großes Stück Metall kann, auch wenn es nicht direkt mit der Erde verbunden ist, genug Kapazität haben, um als Masse zu dienen.
- Die Stärke des empfangenen Signals ist direkt proportional zur Höhe der Antenne über Grund, sofern diese klein bzgl. der Wellenlänge.
- Ob der Mast leitfähig ist oder nicht spielt für den Empfang kaum eine Rolle. Ist der Mast jedoch leitfähig, darf die Antennenplatte natürlich nicht neben, sondern über dem Mast montiert werden.
- Die Antenne ist omnidirektional, mit Ausnahme einer Nullstelle gerade nach oben.
- Die Ausrichtung oder Form der Metallplatte spielt keine Rolle; Übrigens gilt dies auch für die Peitsche bei peitschenbasierten aktiven Antennen.

Quellen:

https://www.pa3fwm.nl/technotes/tn07.html

https://www.emf.ethz.ch/de/emf-info/themen/physik/hochfrequenzstrahlung/abloesung-elektromagnetischer-wellen-von-antennen

https://de.wikipedia.org/wiki/Nahfeld_und_Fernfeld_(Antennen)

https://de.wikipedia.org/wiki/Poynting-Vektor