

# ***Erdungskondensator***

***DC-Trennung für eine  
kapazitive Erdung auf GFK-Schiffen***

***Christoph Schwärzler, OE1CGS***  
*September 2015*

## Abstract

This article starts with a brief description of capacitive grounding as a method for coupling a HF-radio system on board of a nautical leisure vehicle to the surrounding water. In order to eliminate the danger of electrolysis due to connecting different metallic parts below the water line it is advisable to insert a suitable capacitor in the leads. Finally such a capacitor and two solid DIY versions of it are described in detail.

## Zusammenfassung

Nach einer kurzen Beschreibung der Wirkungsweise einer kapazitiven Erdankopplung für einen KW-Transceiver auf einer Sportyacht wird im vorliegenden Artikel auf die Gefahr der Elektrolyse an elektrisch verbundenen Metallteilen im Seewasser hingewiesen. Zur Vermeidung von Schäden sollte ein Kopplungskondensator in die Verbindungen eingebaut werden. Die Dimensionierung eines solchen und zwei praktische Realisierungen werden abschließend beschrieben.

### 1.) Kapazitive Ankopplung

Typische Installationen von KW-Transceivern auf Sportschiffen benutzen eine Drahtantenne, wie z.B. in Form eines isolierten Achterstags und das umgebende Seewasser als Gegengewicht/Erde. Diese Systeme benötigen typischerweise einen (automatischen) Antennentuner, der die vielfach hohe Impedanz der Antenne an das 50  $\Omega$  Koaxialkabel vom Transceiver anpasst.

Für einen einwandfreien Betrieb derartiger Systeme ist eine möglichst verlustfreie Ankopplung des Tuners an das Seewasser essentiell. Eine Bedingung dafür ist, dass der Tuner mit einer möglichst kurzen (< 1m) Verbindung an das Erdungsmedium angeschlossen wird. Jede längere Leitung zerstört vor allem auf den höheren Bändern einen geringen Widerstand durch Impedanztransformation. Des Weiteren ist dafür Sorge zu tragen, dass das HF-Signal möglichst verlustarm mit dem umgebenden Seewasser in Kontakt gebracht wird. Boote mit einem Metallrumpf haben es hier einfach. Der entsprechende Ausgang des Tuners wird einfach mit dem Rumpf elektrisch und mechanisch stabil verbunden. Schwieriger haben es hier Eigner einer GFK-Yacht. Obwohl es am Markt eine ganze Reihe mehr oder weniger seriöse Angebote an Erdungssystemen gibt, hat sich unter fachkundigen Praktikern vor allem die kapazitive Erdankopplung durchgesetzt.

Was im ersten Moment kompliziert klingt, ist mit einem kleinen Exkurs in die Physik recht leicht

erklärt. Zwei leitenden Flächen, die durch einen Isolator getrennt werden bilden einen Kondensator, aus dem Unterricht oft noch bekannt als Plattenkondensator. Die Fähigkeit dieses Kondensators elektrische Ladungen zu speichern, die Kapazität, steigt proportional mit der Fläche und invers proportional mit dem Abstand der beiden Platten. Außerdem verhält sie sich auch proportional zur relativen Permittivität (Dielektrizitätskonstante)  $\epsilon_r$  des Isolators. Vakuum ist dabei 1 zugewiesen, GFK hat einen Wert von rund 1,6.

Wird nun auf der Innenseite eines GFK-Rumpfes eine leitende Fläche angebracht, so bildet diese mit dem Schiffsrumpf als Isolator zwischen dieser Fläche auf der einen und dem leitenden Seewasser auf der anderen Seite ebenfalls einen Plattenkondensator. Dieser hat eine Kapazität  $C$  von:

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

Dabei bezeichnet  $\epsilon_0$  die Permittivität von Vakuum ( $8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$ ). Für eine Kupferfläche von 2  $\text{m}^2$  und eine Rumpfdicke von 2 cm errechnet sich eine Kapazität von 1,4 nF. Der HF-Widerstand einer derartigen Erdankopplung ist frequenzabhängig und beträgt bei 3,6 MHz zwar noch 31  $\Omega$ , bei 18,1 MHz jedoch nur mehr rund 6  $\Omega$ . Es muss nur mehr der Antennentuner innenbords mit der leitenden Fläche verbunden werden. Diese Fläche kann aus Metallfolie<sup>1</sup> bestehen, aber auch Anstriche auf Kupfer- oder Grafitbasis sind erhältlich. Neben einer guten und haltbaren elektrischen und mechanischen Verbindung zum Tuner ist hier vor allem auch auf eine langfristige Beständigkeit unter Einwirkung von Seeluft und Feuchtigkeit zu achten.

Wird auf einem Schiff die Erdung ausschließlich durch kapazitive Ankopplung realisiert, so gibt es keine weiteren Probleme. Oftmals jedoch reichen die verfügbaren Flächen nicht aus oder es sollen die Erdungswiderstände vor allem auf den niedrigen Bändern noch weiter gesenkt werden. Dann bietet es sich an, bereits vorhandene und mit dem Seewasser in Kontakt stehende Metallteile in die Erdung miteinzubeziehen. Hier kommen vor allem der Saildrive und der Kiel in Frage. Diese können durch ihre Masse eine deutliche Verringerung des Widerstandes bewirken, können jedoch eine neue Gefahr heraufbeschwören: Elektrolyse.

### 2.) Gefahr Elektrolyse

Aus gutem Grund werden an Schiffsrümpfen sogenannte Opferanoden angebracht. Denn die chemischen Eigenschaften des Seewassers zusammen mit seiner Leitfähigkeit können für

Metallteile im Wasser wie einem Sailandrive fatale Folgen haben. Nach der elektrochemischen Spannungsreihe unedle Metalle werden in dieser Umgebung regelrecht zerfressen. Dies gilt speziell dann, wenn sie mit edleren Metallen elektrisch leitend verbunden sind.

Genau das können wir diesen Teilen aber antun, wenn wir mehrere davon in die Erdung miteinbeziehen und somit elektrisch verbinden. Die paar Minuten oder Stunden während welcher Funkverkehr durchgeführt wird schlagen da nicht zu Buche und so ist es durchaus ausreichend, mittels Schalter oder Relais diese Verbindungen nach dem Funkbetrieb wieder zu trennen. Allerdings sind derartige Tätigkeiten und vor allem die Gefahr darauf zu vergessen nicht jedermanns Sache. Es gibt aber auch eine einfache und höchst praktische Alternative: Den Kopplungskondensator.

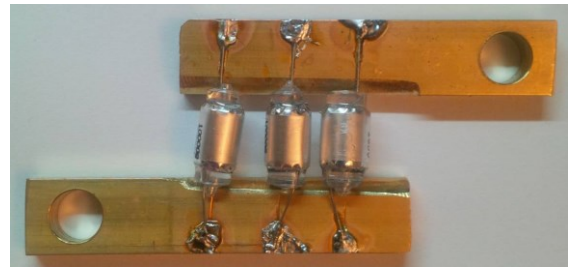
### 3.) Lösung: Kopplungskondensator

Wird in die gefährlichen Verbindungen ein geeigneter Kondensator eingebaut, so stellt dieser für den Gleichstrom einen Isolator dar. Für die Hochfrequenz aus dem Funkgerät allerdings ist dieser Kondensator bei passender Dimensionierung praktisch kein Hindernis. Wir haben quasi einen automatischen Schalter eingebaut.

Dieser Kondensator soll eine Kapazität von zumindest 10 nF aufweisen<sup>2</sup> sowie hochfrequent und -stromtauglich sein. Ich habe zu diesem Zweck 3 Styroflexkondensatoren zu je 10 nF parallel geschaltet und durch Verguss in Epoxydharz resistent gegenüber Umwelteinflüssen gemacht. Dies kann auf vielfache Weise geschehen. Zwei Realisierungen werden hier kurz beschrieben und dargestellt.

#### Gehäuse mit Anschlüssen für M8

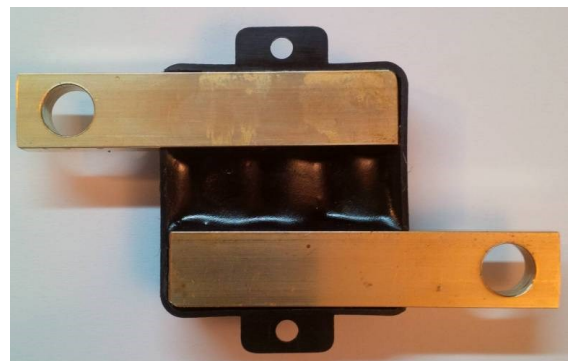
Diese Variante dient dazu den Kopplungskondensator mittels M8-Schrauben mit den einzelnen Komponenten der Erdung zu verbinden. In zwei Messingstangen werden Löcher mit 8 mm Durchmesser gebohrt und die drei Kondensatoren parallel zwischen die beiden Stangen gelötet (Bild 1).



*Bild 1: Parallel eingelötete Styroflexkondensatoren*

Für die Lötarbeit hat es sich bewährt, in die Stangen mittels einer kleinen Feile eine leichte V-förmige Vertiefung zu arbeiten, diese mit Flussmittel zu benetzen und dann mit einem LötKolben zumindest mittlerer Leistung (60 W gingen gut) das Lötzinn zum Schmelzen zu bringen. In das flüssige Zinn wird dann der Kondensatoranschluss eingedrückt. Diese Prozedur haben alle Bauteile schadlos überstanden.

Aus einem geeigneten Vergussgehäuse werden sodann die Öffnungen für die Messingstangen freigelegt und nach Abdichtung etwaiger Spalte durch z.B. Heißkleber wird Epoxydharz eingefüllt. Ich habe dazu ein langsam härtendes Harz benutzt und dieses zuvor schwarz eingefärbt (Bild 2).



*Bild 2: Die Kondensatoren werden durch Epoxydharz in einem Vergussgehäuse mechanisch befestigt und chemisch resistent*

#### Direkter Einbau in Verbindungskabel

Bei dieser Variante wurden die Kondensatoren direkt in das Verbindungskabel (6 mm<sup>2</sup> Litze) eingelötet und wiederum mit schwarz eingefärbtem Epoxydharz vergossen (Bild 3). Zuvor wurden die Lötstellen noch mit einem kurzen Stück Schumpfschlauch ummantelt.



**Bild 3:** Mit einem Durchmesser von 18 mm und einer Länge von 45 mm ist diese Variante sehr handlich.

Es ist etwas schwieriger eine geeignete Gussform zu finden, sie mit Thixotropiermittel zu präparieren und die Form nach dem Aushärten des Harzes

wieder zu entfernen, aber die Belohnung ist ein optisch ansprechendes und leicht zu verbauendes Verbindungskabel. Anzumerken ist allerdings, dass derartige Kabel möglichst kurz zu halten sind, da sie infolge ihrer Induktivität bei hohen Frequenzen einen nennenswerten Widerstand aufweisen. Besser sind hier Bänder, wie ich sie an einer anderen Stelle beschrieben habe<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> [www.oe1cgs.at/pubs/KW-Antenne auf Yacht 2 auf Segelyacht - Teil 2.pdf](http://www.oe1cgs.at/pubs/KW-Antenne%20auf%20Segelyacht%20-%20Teil%202.pdf)

<sup>2</sup> [www.sy-serenade.ch/wp-content/uploads/2015/02/HF-Erdung-in-Yachten.pdf](http://www.sy-serenade.ch/wp-content/uploads/2015/02/HF-Erdung-in-Yachten.pdf)