

Physiklabor für Anfänger*innen 2
Ferienpraktikum im Wintersemester 2019

**Versuch Projektpraktikum:
Vermessung der Strahlungscharakteristik einer
Dipolantenne**

(durchgeführt am 8. April bis 12. April 2019 bei Assistent: Dennis Sperlich)

Erik Bode, Damian Lanzenstiel, Markus Österle, Jan-Philipp Maurer
(Gruppen 111 und 22)

16. Mai 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Veruschsziel	1
2	Labortagebuch	1
2.1	Tag 1	1
2.2	Tag 2	1
2.3	Tag 3	2
2.4	Tag 4	2
2.5	Tag 5	3
3	Wichtige Abschnitte des Antennenbaus	3
3.1	Antennenbau	3
3.2	Messung der Antennengüte	3
3.3	Vergleich der Antennen	3
3.4	Trimmen der Empfangsantenne	4
3.5	Vergleich der Richtkoppler	4
4	Versuchsaufbau für die Messungen	4
4.1	Die Antennen	4
4.2	Der Aufbau zur Vermessung	5
4.3	Polarisation	5
	Literatur	5

1 Veruschsziel

Das Ziel des Versuches war eigene Dipol-Antennen zu bauen und diese zu nutzen und ihre Strahlungscharakteristik zu bestimmen. Danach sollte das HackRF und eine Drone genutzt werden um Antennen in der Gegend zu vermessen.

2 Labortagebuch

2.1 Tag 1

Zu Beginn des ersten Tages wurde ein Plan erstellt, was alles an diesem Tag gemacht werden muss. Hierbei war ganz oben auf der Liste das bauen der Antennen. Hierbei wurde als erstes ein Gehäuse erstellt. Diese dient dazu die Antennen in der Richtigen Form zu halten, der Montage auf den Stativen sowie der Befestigung eines Fadens zur Positionsbestimmung. Die Antennen selber wurden während des Druckens zusammen gelötet. Hierfür hatte man zuerst die Kabel getestet, um zu sehen welche besonders wenig Verlust aufweisen. Hierfür wurden sie ans Frequenzspektrometer angeschlossen. Ein weiter Aufgabenteil am ersten Tag war das installieren von GNU Radio auf dem RaspberryPi zur Nutzung des HackRFs. Neben bei wurde mit der Funktionsweise des Funktionsgenerator experimentiert und versucht gute Einstellungsmöglichkeiten für die geplanten Messungen zu finden. Mit den ersten zwei fertigen Antennen wurden erste Probemessungen gemacht um zu sehen ob in dem erwarteten Frequenzbereich ein Intensitätsmaximum zu finden war. Jedoch konnte man im Frequenzband nichts auffallendes erkennen. Auffällig war ein unregelmäßig auftauchender Peak bei einer Frequenz von 2.4 GHz.

2.2 Tag 2

Am nächsten Tag wurden weiter versucht, das HackRF zum laufen zu bringen. Leider startete der RaspberryPi nicht mehr, sodass der gestrige Installationsprozess über Nacht erneut durch-

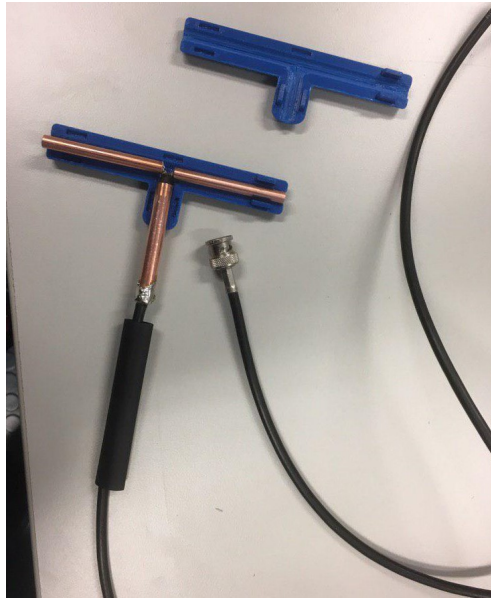


Abbildung 1: Aufbau der ersten gebauten Antenne mit Antennengehäuse und Innenleben.

geführt wurde. Außerdem wurden die Antennen weiter getestet. Eine mögliche Lösung für das Problem von ihnen war die Entfernung des Gehäuses, welche aber zu keinen besseren Ergebnissen geführt hat. Auch andere Positionen im Raum führten zum selben Ergebnis, dass kein besonderes Intensitätsmaximum empfangen wurde. Es machte sich jedoch schnell bemerkbar, dass der Raum einem Resonator entspricht und kleine Änderungen im Aufbau des Raum größere Unterschiede bezüglich der Übertragenen Leistung machte. Da kein Messgerät zur Messung der Antennengüte vorhanden war wurde versucht die Frequenz durch auftragen der maximalen empfangenen Leistung. Da diese nicht aufschlussreich waren, wurde versucht das Stehwellenverhältnis (SWV oder SWR) mittels des Spectrum Analyzers zu bestimmen. Leider war dies erfolglos, da wir keinen Richtkoppler zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung hatten.

2.3 Tag 3

Am Mittwoch war das HackRF vollständig einsetzbar, es wurde nun mit einem anderen RaspberryPi betrieben. Dies nutzten wir um eine erste Polarisationsmessungen durchzuführen. Auch hier zeigte sich, dass Bewegung von Personen im Raum oder das Öffnen eines Fensters die Messwerte stark beeinflusste. Im Laufe des Tages erhielten wir einen Richtkoppler, mit welchem die Güte der Antenne gemessen werden konnte. Hier stellte sich heraus, dass die Antennen insgesamt eine sehr ineffektive Charakteristik hatten und auf keinem Frequenzband relativ effizient sendeten. Da zusätzlich ein Kurzschluss bei einer der Antennen auftrat, wurden zwei neue mit einem optimierten Design erstellt. Hierbei wurde kein drittes Kupferrohr als Balun senkrecht zum Dipol eingesetzt, sondern die beiden Arme der Antenne wurden direkt mit einer BNC Buchse verbunden. **Bild** Beim Test der neuen Antennen zeigt sich eine deutliche Verbesserung zur ersten Generation. Durch den Spectrum Analyzer mit Richtkoppler konnte recht genau gezeugt werden, dass unsere Antennen im erwarteten Bereich besonders gut senden können. **Bild** Da beide trotzdem leichte Unterschiede in der Frequenz auftraten, wurde eine mithilfe eines eingebauten Kondensators auf die andere getrimmt. **Bild**

2.4 Tag 4

Mit den nun aufeinander genormten Antennen wurde beschlossen, sich auf eine Polarisationsmessung und Abstandsmessung zu beschränken und die Messung der Strahlungscharakteristik

wegzulassen. Da jedoch auffällig war wie Problematisch die Umgebung des Labors war, wurden diese Messungen im Labor so wie im Garten der Physik und am Parkplatz vor dem Westbau durchgeführt.

2.5 Tag 5

Am letzten Tag wurden noch zusätzliche Messungen zum Abstand und zur Polarisierung im Großen Hörsaal durchgeführt. Da die Messungen im Labor bis dahin wegen Bewegung von Personen sehr ungenau war wurde hier nochmal eine Messung durchgeführt, um zu zeigen wie groß die Schwankungen sind und eine bei der sich wirklich nichts verändert. **Messung? Unterkapitel mit Bildern und etwas Text da häufig erwähnt** Anschließend wurden noch weitere Richtkoppler der Werkstatt getestet, ob diese sich wie der geliehene verhalten.



Abbildung 2: Gebaute Antenne auf dem Stativ und an den Frequenzgenerator angeschlossen.

3 Wichtige Abschnitte des Antennenbaus

Besserer Titel?

3.1 Antennenbau

Hier eine Beschreibung des Aufbaus der alten Antennen: Link <https://www.la1k.no/2017/10/25/a-quick-sleeve-metal-dipole-for-23-cm/> **Bild**

Jetzt der Aufbau von den neuen Antennen **Bild Einfach aus "Versuchsa... und Die Antennen kopieren?**

3.2 Messung der Antennengüte

Hier SWR Messung erklären **Bild Aufbau**

3.3 Vergleich der Antennen

Vergleich der Charakteristik alter und neuer Antennen. **Screenshot oder CSV**



Abbildung 3: Beide Antennen Generationen nebeneinander. Hinten die erste Generation vorne die 2.Generation

3.4 Trimmen der Empfangsantenne

Wieso trimmen, wie trimmen **Bild der getrimmten Antenne**

3.5 Vergleich der Richtkoppler

Die neuen haben fast nicht angezeigt. **Bild**

4 Versuchsaufbau für die Messungen

4.1 Die Antennen

Für die Ausgewerteten Messungen haben wir nun ausschließlich die neuen Antennen verwendet. Diese haben im Gegensatz zu dem alten Modell keinen Balun (bestehend aus einer Kupferröhre um das Signalkabel) mehr.

Die Antennen bestehen also nur aus zwei Kupferrohren, die jeweils an die Leitung beziehungsweise den Schirm eines Gehäuseanschlusses für BNC Stecker gelötet wurden. Diese Konstruktion wird in einem 3D-gedruckten Gehäuse montiert, sodass die Röhren parallel zueinander und orthogonal zum Signalkabel sind. Der nun im Gehäuse eingebaute BNC-Kabel-Anschluss kann nun wie bei anderen kompatiblen Geräten (Oszilloskop, Spectrum Analyzer, etc.) angeschlossen werden. Dieses Design ist also nicht mehr an ein Kabel gebunden, was den Vorteil hat, dass die Länge variabel ist und ein schlechtes Kabel schnell und leicht ausgetauscht werden kann.

Die Plastikgehäuse wurden absichtlich so designed, dass sie ohne Metallteile zusammengebaut werden könnte, da diese die Strahlungscharakteristik beeinträchtigen könnten. Der Kunststoff selbst ist sehr dünn und schien keinen Einfluss auf die Messungen nehmen, dies haben wir rein qualitativ überprüft, indem wir das empfangene Signal ohne Gehäuse mit dem mit Gehäuse verglichen haben und keinen Unterschied feststellen konnten.

Außerdem haben die Gehäuse eine Befestigung mit Stativ-Gewinde, sodass sie an Standardmäßigen Fotokamera-Stativen befestigt werden können. **Das sollte eher ein eigener Abschnitt werden, in etwa beide vergleichen**

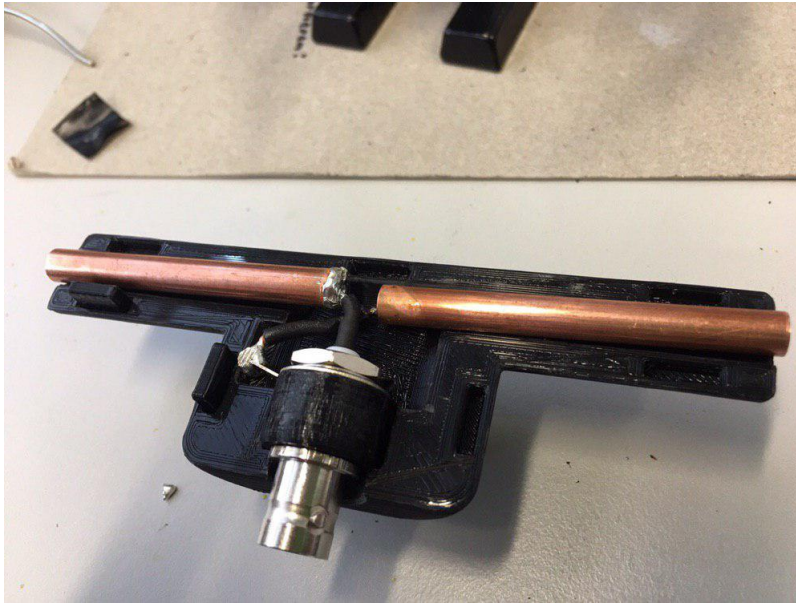


Abbildung 4: Innerer Aufbau der 2. Antennengeneration. Im Bild die genormte Antenne mit kleinem Kondensator an der Seite.

4.2 Der Aufbau zur Vermessung

Für die jeweiligen Messung haben wir die beiden Antennen an Stativen befestigt und gegenüber voneinander platziert. Die Gehäuse der Antennen wurden an einer dafür vorgesehenen Öse mit einer Schnur verbunden, um die Parallelität der Antennen bei der Abstandsmessung beziehungsweise einen akkuraten Winkel bei der Polarisationsmessung zu gewährleisten.

Beide Antennen wurden an den Spectrum Analyzer angeschlossen. Der Spectrum Analyzers schickt nun Signale mit nacheinander gesendeten verschiedenen Frequenzen durch das gesamte Frequenzband des Spectrum Analyzers an die Sender-Antenne und zeichnet die Intensität des von der Empfänger-Antenne kommenden Signals auf.

Ein Vorteil an dieser Messung gegenüber dem Senden einer Frequenz über das Hack-RF ist, dass wir so auch leicht Störsignale, die von der Antenne empfangen werden feststellen können und damit ausschließen können, dass wie so ein Störsignal mit in die Messung einbeziehen. Hierbei sind Störsignale wie z.B. WLAN oder andere zeitlich nicht konstante Funksignale gemeint. Außerdem können wir dann nicht nur die Peak-Werte auslesen sondern auch

4.3 Polarisation

Zur Messung der Polarisation wurden die Beiden Antennen in einem festen Abstand voneinander auf dem jeweiligen Stativ befestigt. Zum Test ob die Antennen Rechtwinkelig voneinander sind wurde ein Faden genutzt der zwischen beiden Antennen gespannt wurde und dann mit Hilfe eines Geodreiecks ein Rechter Winkel zwischen Antenne und Faden gemessen wurde. Der Sender und Empfänger wurden dann an das Frequenzspektrometer angeschlossen. Zur eigentlichen Messung wurde die Leistungsdifferenz zwischen Sender und Empfänger bei unterschiedlichen Winkeln des Empfängers gemessen.

Literatur