

Untersuchung der elektromagnetischen Abschirmeigenschaften üblicher Raumwände der Ruhr Universität Bochum im 2,4 GHz Band

Stephan Bökelmann, Lasse Ebener, Till Käufer, Rebecca Müller

Gruppenleitung: Dominik Walter



Abb. 1: Aufbauskitze

Motivation und Grundlagen

WLAN-Technologie ist aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Insbesondere in Gebäuden wie der RUB ist der Empfang an manchen Orten recht schlecht. Daher stellt sich die Frage: Wie stark wird ein WLAN-Signal von verschiedenen Materialien abgeschirmt? Um dies zu beleuchten, wird der hier gezeigte Versuch durchgeführt

Theorie

- Durchgang einer em-Welle durch Materie ändert die **Phasengeschwindigkeit - Dispersion (n)**, dazu wird die **Welle gedämpft - Absorption (κ)**
- **Gl.1** beschreibt den **kompl. Brechungsindex**
- Die em-Welle erhält einen reellen Dämpfungsterm, **Gl. 2**
- Das Lambert-Beer-Gesetz **Gl.3** beschreibt das **Verhältnis** von ausgestrahlter zu aufgenommener **Intensität** mit Hilfe von **Absorptionskoeffizient (α)** und **Abstand (x)**
- **Gl. 4** beschreibt die Intensität einer em-Welle
- Bei der em-Welle in Metall unterscheidet man zwischen schwacher und starker Dämpfung
- Schwache Dämpfung, **Gl. 5**, hängt vom Verhältnis zwischen **Plasmafrequenz (ω_p)** des Metalls und **Wellenfrequenz (ω)** ab und tritt auf wenn die Wellenfrequenz wesentlich größer ist als die **Stoßfrequenz der Elektronen (ν)**
- Bei **starker Dämpfung, Gl. 6**, kann die Welle nur die **Skintiefe (δ)** ins Metall eindringen, abhängig von dessen **Leitfähigkeit (σ)**

$$(1) \tilde{n} = n + i\kappa$$

$$(2) E_0 e^{i(kx - \omega t)} \Rightarrow E_0 e^{i(nkx - \omega t)} e^{-\kappa kx}$$

$$(3) I = I_0 e^{-\alpha x} \Leftrightarrow -\alpha x = \log \frac{I}{I_0}$$

$$(4) I = c\epsilon_0 E^2 \Rightarrow 2\kappa k = \alpha = \frac{4\pi\kappa}{\lambda} \Leftrightarrow \kappa = \frac{\alpha\lambda}{4\pi}$$

$$(5) \omega \gg \nu \Rightarrow \tilde{n}^2 = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}$$

$$(6) \omega \ll \nu \Rightarrow \delta = \sqrt{\frac{\epsilon_0 c^2}{2\omega\sigma}}$$

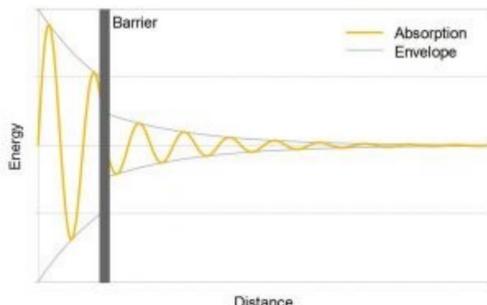


Abb. 2: Skizzierung der Absorption ^[1]

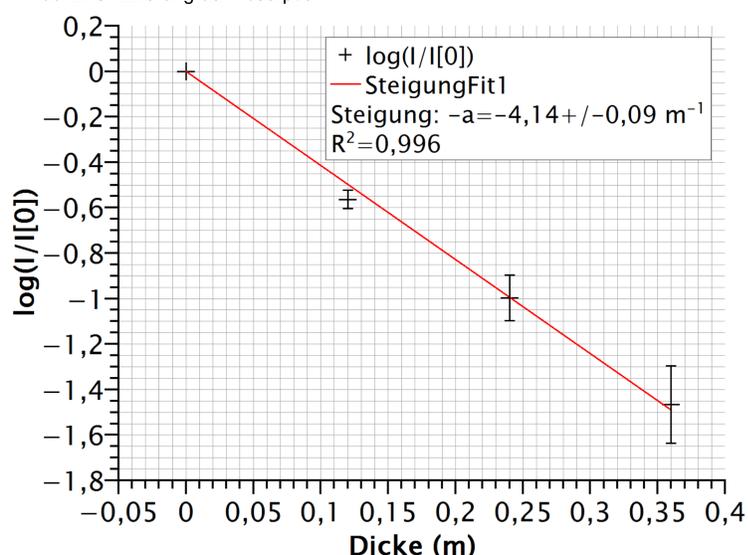


Abb. 4: Abschirmung durch Kalksandstein (KS)

Aufbau

- Ein Signalgenerator erzeugt **weißes Rauschen** bei **2,4 GHz**
- Ein **Spektrumsanalysator** mit abgestimmter Antenne misst die **empfangene Amplitude**
- **Entfernung** und **Dämpfungsmaterialien** werden variiert

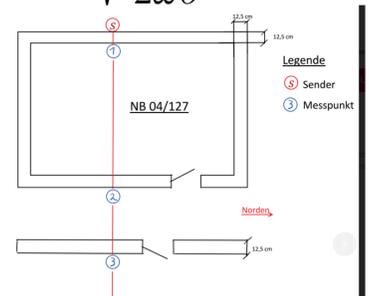


Abb. 3: Raumskizze

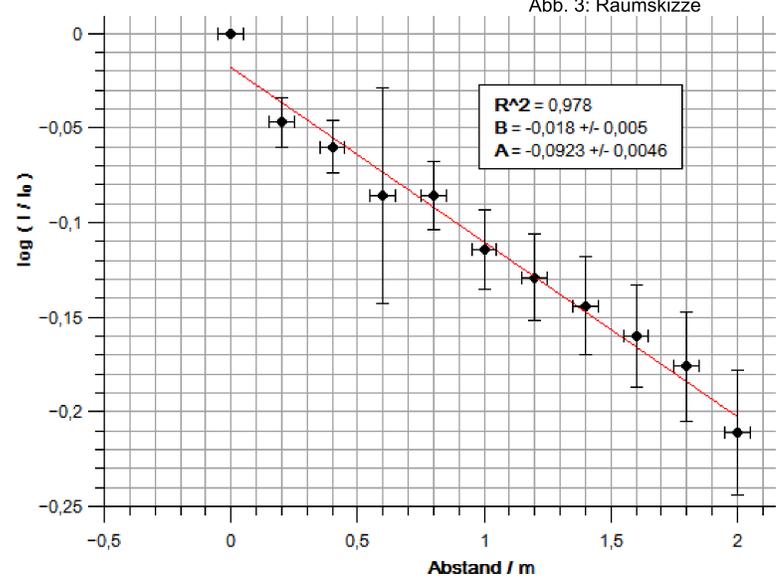


Abb. 5: Variation des Abstandes von Sender und Empfänger bei 12cm KS

Ergebnisse

- Metallwände schirmen 2,4 GHz völlig ab
- Luftabstand kann vernachlässigt werden und mehrere Wände zu einer dicken Wand zusammengefasst werden
- Absorptionskoeffizient von KS ergibt sich zu $\alpha = (4,14 \pm 0,09) \text{m}^{-1}$ (Literatur: $3,9 \text{m}^{-1}$ ^[2])

- Brechungsindex von KS $n = \alpha\lambda(2\pi)^{-1} = 41,2 \pm 0,9$
- Der zu erwartende **exponentielle Abfall** wird mit hoher Güte bestätigt.
- Die einzelne **Abstandsvariation** von Sender und Empfänger zeigte gleiche Ergebnisse: Es ist egal ob das Hindernis nahe am Sender oder Empfänger ist.
- **Fehlerbalken** stammen von statistischen Fehlern

Folgerungen

- APs sollten nahe an Wänden und hoch an der Decke angebracht werden
- Metallwandräume benötigen eigenen Router
- Die Abschirmung durch Wände ist ausschlaggebend für den Empfang, nicht aber die durch Luft (vgl. Abb. 4 und 5)

Quellen

^[1] <https://www.svs-funk.com/wp-content/uploads/2016/09/Absorption-300x189.jpg>

^[2] Wenn die Strahlung zu viel wird - kaiserslautern.bund.net

^[3] Prof. A. von Keudell Vorlesungsskript Physik II Elektrizitätslehre und Optik

