

# Theoretische Grundlagen für die Strecke zwischen Chemnitz und Wittgensdorf

Artem Makutov (artem@makhutov.org)  
Frank Grüllich (frank@der-frank.org)

12. Juli 2004

## 1 Voraussetzungen

Eine Richtfunkstrecke vom Ausgang der Sendeeinheit zum Eingang der Empfangseinheit ist aus den in Abbildung 1 dargestellten Elementen aufgebaut.

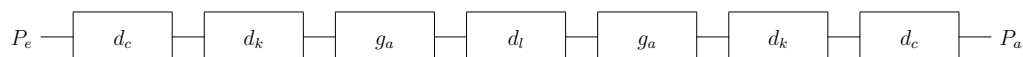


Abbildung 1: Übertragungselemente einer WLAN-Richtfunkstrecke

Die Eingangsleistung  $P_e$  wird durch Dämpfungen durch Verbindungselemente und Blitzschutz  $d_c$ , Kabeldämpfung  $d_k$  und Freiraumdämpfung  $d_l$  vermindert. Dem entgegen wirken Gewinne an den Antennen  $g_a$  durch die Bündelung der Leistung gegenüber dem Iso-Strahler.

Für die Berechnungen werden alle Größen in dB umgerechnet, da diese so auch üblicherweise als technische Eigenschaft der einzelnen Elemente angegeben sind. Die Leistung wird dabei in dBmW als Verhältnis zu 1mW umgerechnet:

$$P[\text{dBmW}] = 10 \lg \frac{P[\text{mW}]}{1\text{mW}}$$

Damit können die einzelnen Übertragungseigenschaften einfach addiert werden, wobei allgemein Dämpfungen mit negativem und Gewinne mit positivem Vorzeichen notiert werden.

Bei der Auslegung sind zwei Rahmenbedingungen zu berücksichtigen: der Gesetzgeber begrenzt für grundstücksübergreifende Emissionen die maximal abzugebene Leistung auf 100mW bzw. 20dBmW; die Ausgangsleistung muß über der Eingangsempfindlichkeit der Empfangseinheit liegen.

## 2 Auslegung

### 2.1 Sendestation

Für die Senderseite gilt

$$P_e + d_c + d_k + g_a = 20\text{dBmW}.$$

Pro Steckverbindung und Blitzschutzelemente wird eine Dämpfung von  $-1\text{dB}$ , bei guten Steckern auch  $-0.5\text{dB}$ , angenommen. Am Standort Chemnitz werden 3 Steckverbindungen benötigt ( $-3\text{dB}$ ) sowie 8m Ecoflex10 mit  $-24\text{dB}$  Dämpfung pro 100m, also  $-1.92\text{dB} \approx -2\text{dB}$ , verlegt. Am Standort Wittgensdorf werden Antenne und pigtail direkt verbunden, was eine Dämpfung von  $-2\text{dB}$  für alle Steckverbindungen bewirkt. Als Kabel werden 2m H155 o. ä. mit etwa  $-40\text{dB}$  Dämpfung pro 100m verwendet ( $-0.8\text{dB} \approx -1\text{dB}$ ). Als Antennen werden Yagi-Antennen mit  $14\text{dBi}$  eingesetzt. Die von der Sendeeinheit in Chemnitz abgegebene Leistung darf also

$$P_e = 20\text{dBmW} + 3\text{dB} + 2\text{dB} - 14\text{dBi} = 11\text{dBmW}$$

nicht ueberschreiten. In Standort in Wittgensdorf gilt

$$P_e = 20\text{dBmW} + 2\text{dB} + 1\text{dB} - 14\text{dBi} = 9\text{dBmW}.$$

Die damit verbundene Leistungen von  $\approx 12\text{mW}$  bzw.  $\approx 8\text{mW}$  kann am als Accesspoint verwendeten WRT54G von Linksys eingestellt werden.

### 2.2 Empfangsstation

Für diese Seite muß überprüft werden, ob mit der Freiraumdämpfung die Leistung an der Empfangseinheit noch über dessen Eingangsempfindlichkeit liegt. Es gilt

$$20\text{dBmW} + d_l + g_a + d_k + d_c = P_a > P_{a,min}.$$

Die Freiraumdämpfung bei *trockenem* Wetter kann mit

$$d_l = 20 \lg \left( \frac{4 \pi s}{\lambda} \right) = 20 \lg \left( \frac{4 \pi s f}{c} \right)$$

abgeschätzt werden. Dabei ist  $s \approx 3.8\text{km}$  die Entfernung zwischen den Antennen,  $\lambda = c/f$  die Wellenlänge,  $c = 2.99792 \cdot 10^8\text{m/s}$  die Ausbreitungsgeschwindigkeit und  $f = 2.5\text{GHz}$  die verwendete Frequenz der elektromagnetischen Welle. Damit ergibt sich eine Freiraumdämpfung  $d_l \approx 112\text{dB}$ .

Für die übrigen Dämpfungen bzw. Gewinne gelten die Werte aus dem Abschnitt 2.1. Somit gilt für den Standort Chemnitz

$$20\text{dBmW} - 112\text{dB} + 14\text{dBi} - 3\text{dB} - 2\text{dB} = -83\text{dBmW}$$

und für Wittgensdorf

$$20\text{dBmW} - 112\text{dB} + 14\text{dBi} - 2\text{dB} - 1\text{dB} = -81\text{dBmW}.$$

Die verwendeten Accesspoints haben eine Eingangsempfindlichkeit von  $-97\text{dBmW}$  und bieten damit hinreichend Reserven für schlechteres Wetter.