

Anlage 2**Ermittlung der Systemdämpfung****1. Allgemeines**

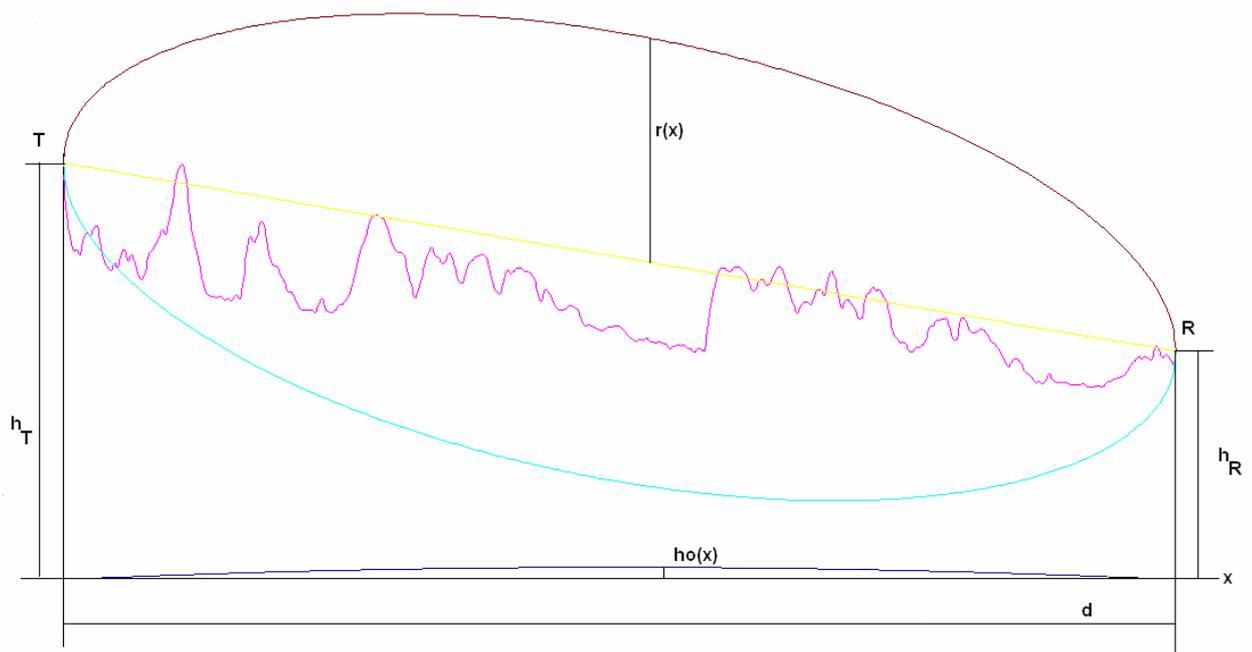
Die Systemdämpfung ist die Dämpfung des Funksignals bei Punkt - zu Punkt -Verbindungen zwischen dem Ausgang des Senders und dem Eingang des Empfängers.

Dabei wird der Gewinn der Antennen in Richtung zur Gegenstelle bzw. zum Hindernis, die Kabeldämpfung, die Freiraumdämpfung und gegebenenfalls die Zusatzdämpfung durch Hindernisse berücksichtigt.

Die ermittelte Systemdämpfung bildet die Grundlage für die Bemessung der erforderlichen Ausgangsleistung des Senders.

2. Ermittlung grundlegender Werte

Es ist ein Geländeschnitt zwischen der Antenne des Senders (Standort T) und der Antenne des Empfängers (Standort R) zu erstellen.



Weil die Morphologie unbekannt ist, wird - in Richtung vom Sender zum Empfänger betrachtet - von 1000 m nach dem Sender bis 1000 m vor dem Empfänger jeweils pauschal 10 m zu den topographischen Höhen addiert werden.

Ob und wie weit Hindernisse in die erste Fresnelzone ragen ist an Hand eines Geländeschnittes mit 4/3 Erdradius-Überhöhung festzustellen.

Der Radius der Fresnelzone $r(x)$ und die Erdüberhöhung $h_o(x)$ ergeben sich durch folgende Gleichungen:

$$r(x) = \sqrt{x \cdot \frac{(d-x) \cdot \lambda}{d}} = 1,73 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{\frac{x \cdot (d-x)}{f \cdot d}} \quad (1)$$

$$h_0(x) = x \cdot (d-x) / (17 \cdot 10^6) \quad (2)$$

wobei

$r(x)$ = Radius der Fresnelzone im Abstand x vom Standort T in m

$h_0(x)$ = Erdüberhöhung im Abstand x vom Standort T in m

x = Abstand eines beliebigen Punktes zwischen den Standorten R und T ausgehend vom Standort T in m

d = Funkfeldlänge entsprechend dem Abstand zwischen R und T in m

f = Frequenz in Hz

λ = Wellenlänge in m

ist.

3. Systemdämpfung bei freier Ausbreitung

Wenn die erste Fresnelzone frei von Hindernissen ist, wird die Systemdämpfung in dB nach folgender Gleichung ermittelt:

$$a_{\text{sys}} = -152 + 20 \log d + 20 \log f - GT - GR + aT + aR \quad (\text{dB}) \quad (3)$$

wobei

a_{sys} = Systemdämpfung in dB

d = Funkfeldlänge entsprechend dem Abstand zwischen R und T in m

f = Frequenz in Hz

GT = Gewinn der Antenne am Standort T in dB bezogen auf einen $\lambda/2$ Dipol in dB

GR = Gewinn der Antenne am Standort R in dB bezogen auf einen $\lambda/2$ Dipol in dB

aT = Dämpfung durch Antennenkabel und Stecker am Standort T in dB

aR = Dämpfung durch Antennenkabel, Stecker und externe Dämpfungsglieder (in die Empfängerzuleitung eingeschaltet) am Standort R in dB

ist.

Der Gewinn der Antenne in Richtung zur Gegenstelle wird unter Berücksichtigung der horizontalen und vertikalen Strahlungsdiagramme ermittelt.

Dabei ist das in Annex 8A der HCM - Vereinbarung, Vilnius 2005 (Vereinbarung zwischen den Verwaltungen von Österreich, Belgien, der Tschechischen Republik, Deutschland, Frankreich, Ungarn, den Niederlanden, Kroatien, Italien, Liechtenstein, Litauen, Luxemburg, Polen, Rumänien, der Slowakischen Republik, Slowenien und der Schweiz über die Koordinierung von Frequenzen zwischen 29,7 MHz und 39,5 GHz für den festen Funkdienst und für den mobilen Landfunkdienst (HCM-Vereinbarung) Vilnius, 12. Oktober 2005), beschriebene Verfahren anzuwenden.

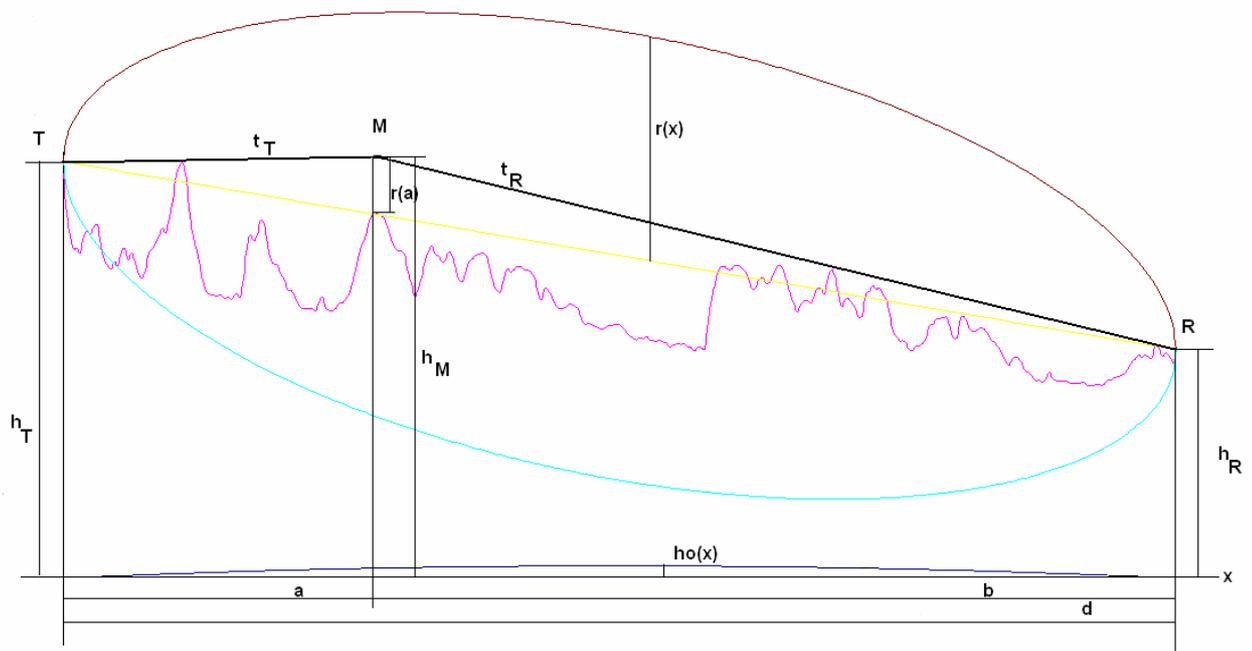
Gemäß diesem Verfahren wird die Bildung eines stetigen räumlichen Strahlungsdiagramms aus dem horizontalen und vertikalen Teilstrahlungsdiagramm und bei beliebiger Orientierung der Sende- und Empfangsantenne die Bestimmung der relevanten Abstrahl- und Empfangsrichtung vorgenommen.

4. Systemdämpfung bei behinderter Ausbreitung

Wird die Funkwelle durch eine beugende Kante (z.B. Bergrücken) behindert, die senkrecht zur Ausbreitungsrichtung verläuft, ergibt sich eine zusätzliche Dämpfung durch dieses Hindernis.

Die Zusatzdämpfung hängt vom Ausmaß des Hineinragens des Hindernisses in die Fresnelzone ab. Hierbei ist das Verhältnis zwischen Abstandes des Hindernisses zur Verbindungslinie und Radius der Fresnelzone maßgeblich.

Die Zusatzdämpfung durch die Beugung an einem Hindernis oder an mehreren solcher Hindernisse wird durch das Summenhindernisverfahren ermittelt.



Bei diesem Verfahren werden jeweils von der Sendeantenne und der Empfangsantenne ausgehend Tangenten an das Geländeprofil gelegt.

Sollte dabei der spezielle Fall auftreten, dass kein Hindernis über die Verbindungslinie zwischen Sender und Empfänger ragt und zugleich zumindest ein Hindernis diese Verbindungslinie berührt, so lässt sich kein eindeutiger Schnittpunkt solcher Tangenten bilden, da diese dann eine identische Lage aufweisen.

In einem solchen Fall ergibt sich, wie in Abschnitt 4.1. ersichtlich ist, die Zusatzdämpfung

$$a_m = 6,4 \text{ dB} \text{ entsprechend } v = 0.$$

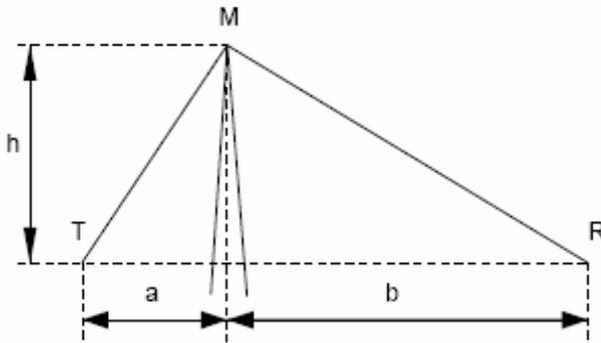
Im allgemeinen Fall haben diese Tangenten keine identische Lage sondern bilden einen Schnittpunkt, der die Spitze des angenommenen Ersatzhindernisses mit dem Standort M bildet.

Die Berechnung der Zusatzdämpfung erfolgt wie im folgenden Abschnitt 4.1. angeführt.

Diese Zusatzdämpfung ist zur Systemdämpfung, die nach Abschnitt 3 Gleichung (3) ermittelt wurde, zu addieren.

4.1. Dämpfung durch ein Ersatzhindernis

Die Zusatzdämpfung durch die Beugung an einem Ersatzhindernis wird wie folgt ermittelt:



Für die rechnerische Ermittlung von v und h gelten folgende Gleichungen:

$$v = h \cdot \sqrt{2} / r(a) = h \cdot \sqrt{\frac{2}{\lambda} \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right)} = 8,16 \cdot 10^{-5} \cdot h \cdot \sqrt{f \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right)} \quad (4)$$

$$h = hM - \left(hT + \frac{hR - hT}{a + b} \cdot a\right) \quad (5)$$

wobei

a = Entfernung des Hindernisses vom Sender (Standort T) in m

b = Entfernung des Hindernisses vom Empfänger (Standort R) in m

h = Höhe des Hindernisses über der Verbindungslinie R-T in m

hM = Summe aus Seehöhe der Hindernisspitze und Erdüberhöhung in m

hT = Summe aus Seehöhe und Antennenhöhe des Senderstandortes in m

hR = Summe aus Seehöhe und Antennenhöhe des Empfängerstandortes in m

f = Frequenz in Hz

λ = Wellenlänge in m

$r(a)$ = Radius der Fresnelzone im Abstand a vom Standort T in m

ist.

Anmerkung: Bei h können auch negative Werte vorliegen, wenn das Hindernis unterhalb der Verbindungslinie zwischen Sende- und Empfangsantenne liegt.

Die Beugungsdämpfung a_m in dB beträgt

für $v \leq -1$

$a_m = -1,26$ dB

für $v > -1$ und $v \leq 23,92$

$a_m = 6,4 + 20 \log_{10} (\sqrt{v^2 + 1} + v)$ (dB)

$$\text{für } v > 23,92 \qquad a_m = 40 \text{ dB} \qquad (6)$$

4.2. Dämpfung durch andere Hindernisse

Wird die Funkwelle durch Hindernisse behindert, die nur eine Ausbreitung durch Reflexionen zulassen, so ist die Systemdämpfung durch eine Messung zu ermitteln.