

Anlage 5

Bestimmung der Störfeldstärke im mobilen Landfunkdienst

1 Allgemeines

- 1.1 Diese Berechnungsmethode basiert auf der ITU-R-Empfehlung P.1546 unter Berücksichtigung der Aspekte der Frequenzkoordinierung.
- 1.2 Ist die 1. Fresnelzone frei von Hindernissen, so ist die Feldstärke entsprechend der Freiraumdämpfung zu errechnen. Die Formeln für die Berechnung der Fresnelzone und der Freiraumfeldstärke sind in Anhang 1 angeführt.
- 1.3 Die Störfeldstärke am Empfangsstandort wird unter Verwendung der in Anlage 4 angegebenen Kurven bestimmt.

Bei Signalen mit einem Verhältnis der Übertragungszeit zu Nicht-Übertragungszeit von weniger als 1:10 und einer Zykluswiederholungszeit von mehr als 30 Sekunden sind die Kurven für 10 % Zeitwahrscheinlichkeit anzuwenden (kein Dauerträger). In anderen Fällen sind die Kurven für eine Zeitwahrscheinlichkeit von 1 % zu benutzen (Dauerträger).
- 1.4 Für harmonisierte Systeme, die harmonisierte Frequenzen nutzen, sind nur die 10%-Kurven zu verwenden.

2 Berücksichtigung unterschiedlicher Störsituationen

In der Praxis treten unterschiedliche Störsituationen auf, die unterschiedliche Berechnungsverfahren erfordern.

- 2.1 Eine Basisstation bzw. ortsfeste Funkstelle stört eine andere Basisstation bzw. ortsfeste Funkstelle

Um eine Basisstation bzw. ortsfeste Funkstelle vor einer neuen Funkstelle zu schützen, die in einem Nachbarland errichtet werden soll, wird die Störfeldstärke auf den Standort der betroffenen Funkstelle bezogen bestimmt.
- 2.2 Eine Basisstation bzw. ortsfeste Funkstelle stört eine Mobilstation

Um Mobilstationen vor einer Basisstation bzw. ortsfesten Funkstelle zu schützen, wird die Störfeldstärke bezogen auf den nächsten Punkt am Rand des Einsatzbereiches der Mobilstationen bestimmt.
- 2.3 Eine Mobilstation stört eine andere Mobilstation

Um Mobilstationen vor gegenseitigen Störungen zu schützen, wird die zu bestimmende Störfeldstärke unter Zugrundelegung der Länge des Ausbreitungsweges zwischen den nächsten Punkten an den Rändern der Einsatzbereiche der Mobilstationen berechnet.
- 2.4 Eine Mobilstation stört eine Basisstation bzw. ortsfeste Funkstelle

Um eine Basisstation bzw. ortsfeste Funkstelle vor einer Mobilstation zu schützen, wird die Störfeldstärke bezogen auf den Rand des Einsatzbereiches bestimmt, der dem Standort der betroffenen Basisstation bzw. ortsfesten Funkstelle am nächsten liegt.
- 2.5 Angenommene Position der Mobilstation

Als Ausnahme zu den Bestimmungen von Abschnitt 2.2, 2.3 und 2.4 ist in Fällen, in denen der Betrieb einer Mobilstation von einem bestimmten Standort aus eine höhere Störfeldstärke verursacht oder einer solchen ausgesetzt ist als von den Standorten am Rand

des Einsatzbereiches aus, dieser bestimmte Standort als Grundlage für die Berechnungen zu verwenden.

Wenn der Radius des Versorgungsbereichs in Richtung der betroffenen Funkstelle von der Grenzlinie geschnitten wird, wird als Ausnahme zu den Bestimmungen von Abschnitt 2.2, 2.3 und 2.4 als Position der Mobilfunkstelle der entsprechende Punkt auf der Grenze angenommen.

3 Zu berücksichtigende Faktoren

Die Genauigkeit, mit der die Störfeldstärke am Empfangsstandort bestimmt wird, hängt in großem Maße davon ab, inwieweit die tatsächlichen Bedingungen auf dem Ausbreitungsweg (mittels der Korrekturfaktoren θ_{Tx} , θ_{Rx} , Δh) sowie die technischen Merkmale der Sende- und Empfangsfunkstellen mit berücksichtigt werden. Je mehr die besonderen Bedingungen berücksichtigt werden, desto genauer sind die ermittelten Feldstärkewerte.

Um die Reziprozität der Berechnungen für Ausbreitungswege über geneigtes Gelände gewährleisten zu können, basiert das für weitere Berechnungen verwendete Profil auf der Verbindungslinie zwischen den Geländehöhen des Sender- und Empfängerstandorts (normiertes Profil).

Die gegenseitige Abhängigkeit zwischen den Parametern θ und h_1 ist in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Für den Neigungswinkel-Korrekturfaktor werden nur negative Werte verwendet.

$h_{eff\ Tx}$	$h_{eff\ Rx}$	Verwendung von Δh	Verwendung des normierten Profils	Verwendung von θ_{Tx}	Verwendung von θ_{Rx}	h_1
$\geq 3m$	$\geq 3m$	J	J	J	J	$h_1 = h_{eff\ Tx} * h_{eff\ Rx} / 10m$
$\geq 3m$	$< 3m$	J	J	J	J	$h_1 = h_{eff\ Tx} * 0.3$
$< 3m$	$\geq 3m$	J	J	J	J	$h_1 = h_{eff\ Rx} * 0.3$
$< 3m$	$< 3m$	J	J	J	J	$h_1 = 1m$
ML	$\geq 3m$	J	J	N	J	$h_1 = h_m * h_{eff\ Rx} / 10m$
ML	$< 3m$	J	J	N	J	$h_1 = h_m * 0.3$
$\geq 3m$	ML	J	J	J	N	$h_1 = h_m * h_{eff\ Tx} / 10m$
$< 3m$	ML	J	J	J	N	$h_1 = h_m * 0.3$
ML	ML	J	J	N	N	$h_1 = h_{m\ Tx} * h_{m\ Rx} / 10m$
$\geq 3m$	Koordinierungslinie	J	N	J	N	$h_1 = h_{eff\ Tx} * h_2 / 10m$
$< 3m$	Koordinierungslinie	J	N	J	N	$h_1 = h_2 * 0.3$
ML	Koordinierungslinie	N	N	N	N	$h_1 = h_m * h_2 / 10m$

wobei	θ_{Tx}	Neigungswinkel am Senderstandort
	θ_{Rx}	Neigungswinkel am Empfängerstandort
	h_1	Effektive Antennenhöhe für die Kurven in Anlage 4
	$h_{eff\ Tx}$	Effektive Antennenhöhe des Senders
	$h_{eff\ Rx}$	Effektive Antennenhöhe des Empfängers
	h_2	Empfangsantennenhöhe
	ML	Mobile Funkstelle ($4D > 0$)

h_m entspricht dem Eingabewert für die Antennenhöhe der mobilen Funkstelle. Wenn dieser Wert fehlt oder weniger als 3 m beträgt, wird er auf 3 m festgesetzt.

Die Kurven in Anlage 4, die die Störfeldstärkenwerte darstellen, gelten für h_1 .

Der Wert von h_1 wird unter Zuhilfenahme der obigen Tabelle ermittelt. Ein Verfahren zur Interpolation und Extrapolation ist in Anhang 2 aufgeführt.

Die folgenden Faktoren sind zu berücksichtigen:

3.1 Geländeneigungswinkel

Wenn das Gelände zwischen der Sendefunkstelle und dem Empfangsstandort Steigungen oder Gefälle aufweist, muss die für den Empfangsstandort bestimmte Störfeldstärke korrigiert werden. Der Neigungswinkel ist in bezug auf eine maximale Entfernung von 16 km zu bestimmen (siehe Anhang 4). Die Korrekturfaktoren für verschiedene Neigungswinkel sind in Anhang 4 im Bereich von 0° bis $+40^\circ$ angegeben.

Wenn die Entfernung zwischen Sender und Empfänger weniger als 16 km beträgt, wird der Korrekturfaktor für Neigungswinkel nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta = \Delta(d) * d / 16.$$

$\Delta(d)$: Korrekturfaktor aufgrund des für die Entfernung zwischen Sender und Empfänger ermittelten Neigungswinkels.

Δ : Korrekturfaktor aufgrund des Neigungswinkels

d : Entfernung zwischen Sender und Empfänger

3.2 Effektive Antennenhöhe

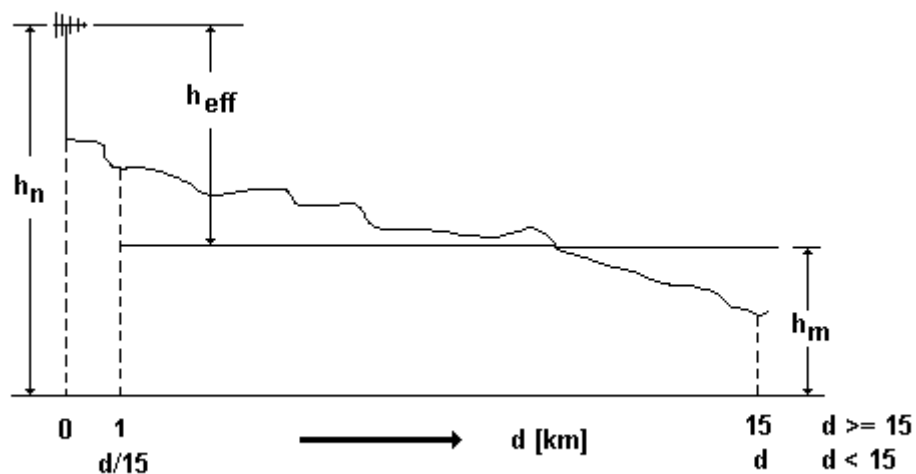
Die effektive Höhe einer Antenne h_{eff} ist als die Höhe über der mittleren Geländehöhe zwischen 1 und 15 km vom Ausgangspunkt in Richtung Endpunkt definiert:

$$h_{\text{eff}} = h_n - h_m$$

wobei h_{eff} = effektive Antennenhöhe in m

h_n = physikalische Höhe der Antenne über dem Meeresspiegel in m

h_m = mittlere Höhe des Geländes in m



Die mittlere Höhe des Geländes h_m wird unter Verwendung der folgenden Gleichung ermittelt.

$$h_m = \frac{\sum_{i=0}^{140} h_i}{141}$$

Für h_i werden die Höhen bei $(1000 + i \cdot 100)$ m vom Anfangspunkt in Richtung Endpunkt herangezogen.

Wenn der Weg vom Anfangspunkt zum Endpunkt kürzer als 15 km ist, werden nur die Höhenwerte von $d/15$ bis d berücksichtigt.

3.2.1 Effektive Antennenhöhe des Senders

Die effektive Antennenhöhe eines Senders ($h_{\text{eff Tx}}$) ist definiert als die Höhe über der mittleren Geländehöhe innerhalb der im Abschnitt 3.2 angegebenen Strecke vom Sender in Richtung auf den Empfangsstandort.

Die effektive Antennenhöhe des Senders muss bei der Berechnung von h_1 (siehe Tabelle unter Punkt 3) berücksichtigt werden.

3.2.2 Effektive Höhe des Empfängers

Die effektive Antennenhöhe eines Empfängers ($h_{\text{eff RX}}$) ist definiert als die Höhe über der mittleren Geländehöhe innerhalb der im Abschnitt 3.2 angegebenen Strecke vom Empfänger in Richtung des Senderstandortes.

Die effektive Antennenhöhe des Empfängers ist für die Ermittlung von h_1 heranzuziehen (siehe Tabelle unter Punkt 3).

3.3 Geländerauigkeit Δh

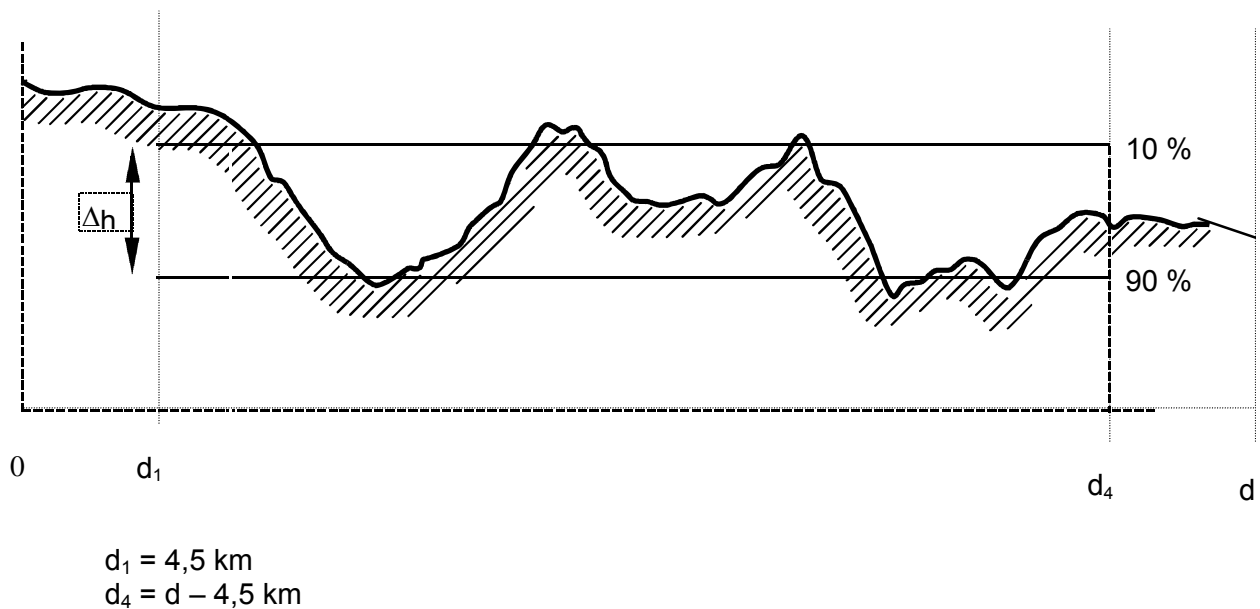
Die Rauigkeit des Geländes ist in Abhängigkeit vom Abstand d zwischen Sender und Empfänger definiert. Der Korrekturfaktor für die Rauigkeit des Geländes ist nicht auf Ausbreitungswege über See anzuwenden.

Für $d < 10$ km

Für Entfernungen kürzer als 10 km wird die Rauigkeit des Geländes nicht berücksichtigt.

Für $10 \text{ km} \leq d \leq 50 \text{ km}$:

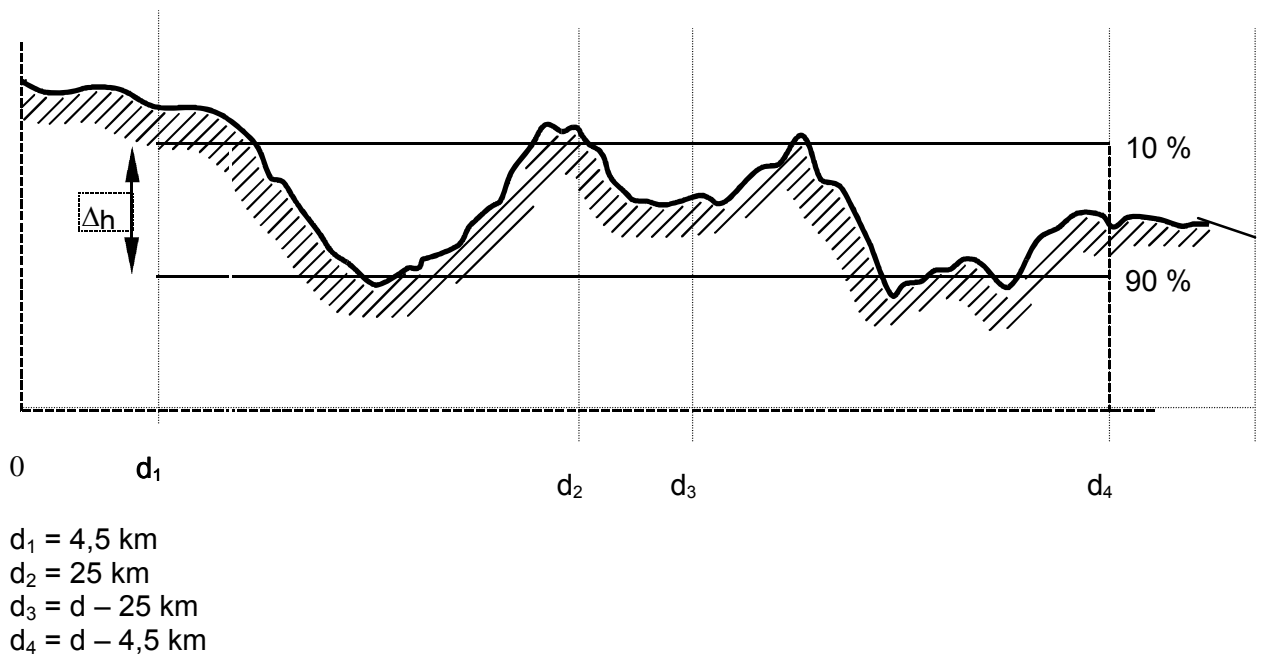
Geländerauigkeit Δh Bedingung $10 \text{ km} \leq d \leq 50 \text{ km}$



Für $d > 50$ km:

Die Rauigkeit des Geländes Δh ist als die Differenz zwischen den 10 % und 90 % Höhenwerten, die wie folgt definiert sind: Nach betragsmäßiger Sortierung sämtlicher Geländehöhenstichproben in einem Abstand von 4,5 km bis 25 km und in einem Abstand von $d - 25$ km bis $d - 4,5$ km vom Sender in Richtung auf den Empfangsstandort sind die 10 % größten und die 10 % kleinsten Werte zu streichen. Der verbleibende größte Wert ist der 10 % - und der verbleibende kleinste der 90 % - Höhenwert.

Geländerauigkeit Δh Bedingung $d > 50$ km



Die Ausbreitungskurven für Ausbreitungswege über Land basieren auf $\Delta h = 50$ m. Wenn der Wert der Geländerauigkeit von $\Delta h = 50$ m abweicht, sind Korrekturfaktoren auf die aus den Ausbreitungskurven abgeleiteten Störfeldstärkewerte anzuwenden. Die entsprechenden Korrekturfaktoren sind in Anhang 3 angegeben. Beträgt der Abstand zwischen Sender und Empfänger mehr als 200 km, so wird der Wert für $d = 200$ km angenommen.

3.4 Korrekturfaktoren für Frequenzen

Ausbreitungskurven, Korrekturen für den Neigungswinkel und Korrekturen für die Geländerauigkeit sind nur auf die Frequenzen 100 MHz, 600 MHz und 2 GHz anzuwenden. Für andere Frequenzen sind Inter- oder Extrapolationen nach Anhang 2 erforderlich.

3.5 Antennendiagramm

Wenn gerichtete oder geneigte Antennen als Sendeantennen bei der störenden Basisstation bzw. der ortsfesten Funkstelle verwendet werden, sind diese Faktoren bei der Bestimmung der Störfeldstärke zu berücksichtigen. Bei Verwendung von Richtantennen wird der Winkel im Uhrzeigersinn gezählt.

Wenn gerichtete oder geneigte Antennen als Empfangsantennen benutzt werden, so wird von der maximal zulässigen Störfeldstärke der Gewinneintrag der Empfangsantenne in Richtung zum Störer subtrahiert.

Anlage 6 enthält die Diagramme von einigen typischen Richtantennen. Diese Diagramme sind zu verwenden, um die Verringerung der maximalen äquivalenten Strahlungsleistung in Richtung Empfangsstandort oder die Abnahme des Störsignals am Empfänger zu ermitteln. Ein Verfahren zur Kombination der horizontalen und vertikalen Antennendiagramme wird in Anlage 8 beschrieben.

3.6 Gemischte Ausbreitungswege

Verlaufen Ausbreitungswege über Zonen mit unterschiedlichen Ausbreitungsmerkmalen, so wird folgende Methode angewendet, die den unterschiedlichen Merkmalen der verschiedenen Teile des Ausbreitungsweges Rechnung trägt:

a) Für Zeitwahrscheinlichkeiten $< 10 \%$ wird folgendes Verfahren zur Berechnung der Feldstärke für gemischte Ausbreitungswege über Land und See angewendet.

$$E_{m,t} = E_{l,t} + A (E_{s,t} - E_{l,t})$$

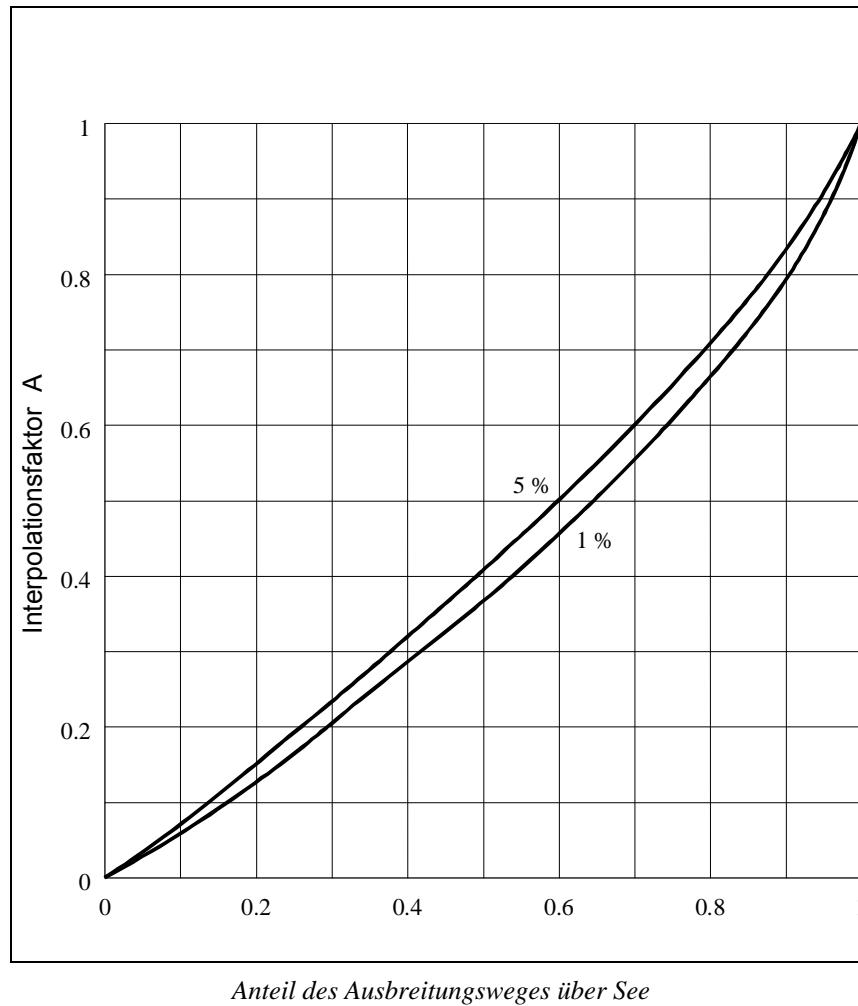
wobei $E_{m,t}$ Feldstärke für gemischten Ausbreitungsweg für $t \%$ Zeitwahrscheinlichkeit

$E_{l,t}$ Feldstärke für einen Ausbreitungsweg über Land mit der gleichen Entfernung wie bei gemischtem Ausbreitungsweg für $t \%$ Zeitwahrscheinlichkeit

$E_{s,t}$ Feldstärke für einen Ausbreitungsweg über See mit der gleichen Entfernung wie bei gemischtem Ausbreitungsweg für $t \%$ Zeitwahrscheinlichkeit

A Interpolationsfaktor gemäß nachfolgender Abbildung

Interpolation für gemischte Land/See-Ausbreitung



b) Für Zeitwahrscheinlichkeiten $\geq 10\%$ wird das folgende Verfahren angewendet:

$$E_{m,t} = \sum_i \frac{d_i}{d_T} E_{i,t}$$

- wobei:
- $E_{m,t}$ Feldstärke für gemischten Ausbreitungsweg für t% Zeitwahrscheinlichkeit
 - $E_{i,t}$ Feldstärke für Ausbreitungsweg in Zone i mit gleicher Länge wie der gemischte Ausbreitungsweg für t% Zeitwahrscheinlichkeit
 - d_i Länge des Ausbreitungsweges in Zone i und
 - d_T Länge des gesamten Ausbreitungsweges

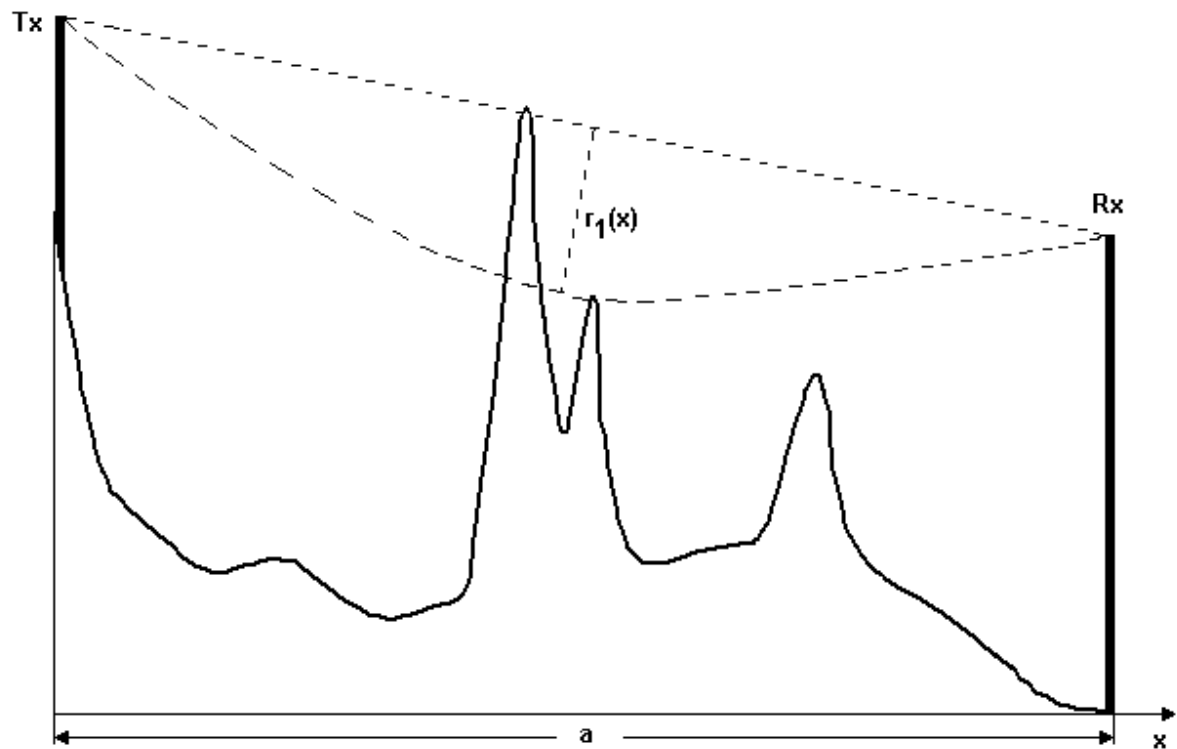
Anhang 1 zur Anlage 5

Bild 1: Fresnelzone

Berechnung der Fresnelzone erster Ordnung:

$$\text{Fresnelzone } r_1(x) = -\sqrt{x * \frac{(a-x) * \lambda}{a}} = -1.73 * 10^4 * \sqrt{\frac{x * (a-x)}{f * a}}$$

λ ist die Wellenlänge. Die übrigen Größen ergeben sich aus Bild 1. Alle Werte sind in Grundeinheiten einzusetzen (Strecken in Meter, Frequenz f in Hertz).

Berechnung der Freiraum-Feldstärke:

$$F_{\text{Freiraum}} (1 \text{ kWerp}) = 107 \text{ dB}\mu\text{V/m} - 20 \log(d) \quad d \text{ in (km)}$$

Anhang 2 zur Anlage 5**1. Inter- oder Extrapolation der Feldstärke in Abhängigkeit von h_1** **1.1 $10\text{ m} \leq h_1 \leq 3000\text{ m}$**

Entspricht h_1 genau einem der Werte 10, 20, 37,5, 75, 150, 300, 600 oder 1200 m, so ist die Feldstärke direkt aus den Kurven in Anlage 4 abzulesen. Ansonsten muss die Feldstärke nach der folgenden Formel inter- oder extrapoliert werden:

$$E = E_{\text{inf}} + (E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}) \log(h_1 / h_{\text{inf}}) / \log(h_{\text{sup}} / h_{\text{inf}})$$

Hierbei ist:

h_{inf} :	600 m, wenn $h_1 > 1200\text{ m}$, ansonsten der nächstgelegene Nominalwert der effektiven Höhe unterhalb h_1
h_{sup} :	1200 m, wenn $h_1 > 1200\text{ m}$, ansonsten der nächstgelegene Nominalwert der effektiven Höhe oberhalb h_1
E_{inf} :	Feldstärke für h_{inf} in der gegebenen Entfernung
E_{sup} :	Feldstärke für h_{sup} in der gegebenen Entfernung

h_1 ist auf 3000 m und die Feldstärke auf die Freiraumfeldstärke begrenzt.

1.2 $0\text{ m} \leq h_1 < 10\text{ m}$

Das Verfahren für die Extrapolation der Feldstärke in einer gegebenen Entfernung d [km] für h_1 -Werte im Bereich von 0 m bis 10 m basiert auf Horizontdistanzen bei ebener Erde in km, dargestellt als $d_H(h) = 4.1\sqrt{h}$; hierbei ist h der erforderliche Wert der Antennenhöhe h_1 in Meter.

Für $d < d_H(h_1)$ ergibt sich die Feldstärke aus der Kurve für 10 m Höhe in ihrer Horizontdistanz plus ΔE , wobei ΔE die Feldstärkedifferenz in der Kurve für 10 m Höhe zwischen der Entfernung d und der h_1 -Horizontdistanz ist.

Für $d \geq d_H(h_1)$ ergibt sich die Feldstärke aus der Kurve für 10 m Höhe in der Entfernung Δd jenseits ihrer Horizontdistanz, wobei Δd die Differenz zwischen d und der h_1 -Horizontdistanz ist.

Dies kann in den folgenden Formeln ausgedrückt werden, wobei $E_{10}(d)$ die Feldstärke, in dB μ V/m, darstellt, die der Kurve für 10 m Höhe und einer Entfernung d [km] entnommen ist:

$$E = E_{10}(d_H(10)) + E_{10}(d) - E_{10}(d_H(h_1)) \quad \text{dB}\mu\text{V/m} \quad d < d_H(h_1)$$

$$E = E_{10}(d_H(10) + d - d_H(h_1)) \quad \text{dB}\mu\text{V/m} \quad d \geq d_H(h_1)$$

Wenn in der letzten Gleichung $d_H(10) + d - d_H(h_1)$ größer ist als 1000 km, obwohl $d \leq 1000\text{ km}$, dann kann E_{10} durch lineare Extrapolation für $\log(\text{Entfernung})$ der Kurve ermittelt werden; dies wird ausgedrückt als:

$$E_{10} = E_{\text{inf}} + (E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}) \log(d / D_{\text{inf}}) / \log(D_{\text{sup}} / D_{\text{inf}}) \quad \text{dB}\mu\text{V/m}$$

Hierbei ist:

D_{inf} :	vorletzte Tabellenentfernung [km]
D_{sup} :	letzte Tabellenentfernung [km]
E_{inf} :	Feldstärke in der vorletzten Tabellenentfernung [dB μ V/m]
E_{sup} :	Feldstärke in der letzten Tabellenentfernung [dB μ V/m]

2. Interpolation der Feldstärke als Funktion der Entfernung

In den Abbildungen in Anlage 4 ist die Feldstärke für Entfernungen d [km] im Bereich von 1 km bis 1000 km dargestellt. Eine Interpolation für die Entfernung ist nicht erforderlich, wenn die Feldstärkewerte direkt aus diesen Diagrammen abzulesen sind. Für dazwischen liegende Werte von d ist eine Interpolation nach der folgenden Formel erforderlich:

$$E = E_{\text{inf}} + (E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}) \log(d / d_{\text{inf}}) / \log(d_{\text{sup}} / d_{\text{inf}}) \quad \text{dB}\mu\text{V/m}$$

Hierbei ist:

- d : Entfernung für die vorliegende Prognose
- d_{inf} : nächste Tabellenentfernung kleiner als d
- d_{sup} : nächste Tabellenentfernung größer als d
- E_{inf} : Feldstärkewert für d_{inf}
- E_{sup} : Feldstärkewert für d_{sup}

Bei $d < 1$ km sollte die Freiraumfeldstärke errechnet werden.

3. Inter- oder Extrapolation der Feldstärke als Funktion der Frequenz

Die Feldstärkewerte für eine bestimmte Frequenz müssen zwischen den Werten für die Nennfrequenzen 100, 600 und 2000 MHz interpoliert werden. Bei Frequenzen unterhalb 100 MHz und oberhalb 2000 MHz muss die Interpolation durch eine Extrapolation mittels der beiden nächsten Nennfrequenzen ersetzt werden.

Die angewandte Formel lautet:

$$E = E_{\text{inf}} + (E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}) \log(f / f_{\text{inf}}) / \log(f_{\text{sup}} / f_{\text{inf}}) \quad \text{dB}\mu\text{V/m}$$

Hierbei ist:

- f : Frequenz für die vorliegende Prognose [MHz]
- f_{inf} : untere Nennfrequenz (100 MHz, wenn $f < 100$ MHz; 600 MHz, wenn $f > 2000$ MHz)
- f_{sup} : obere Nennfrequenz (600 MHz, wenn $f < 100$ MHz; 2000 MHz, wenn $f > 2000$ MHz)
- E_{inf} : Feldstärkewert für f_{inf}
- E_{sup} : Feldstärkewert für f_{sup}

Anhang 3 zur Anlage 5

Kurven für den Dämpfungskorrekturfaktor

Dieser Anhang enthält die Korrekturkurven in Abhängigkeit von der Geländerauigkeit Δh für die Frequenzen 100 MHz (ABBILDUNG 1), 600 MHz (ABBILDUNG 2) und 2000 MHz (ABBILDUNG 3).

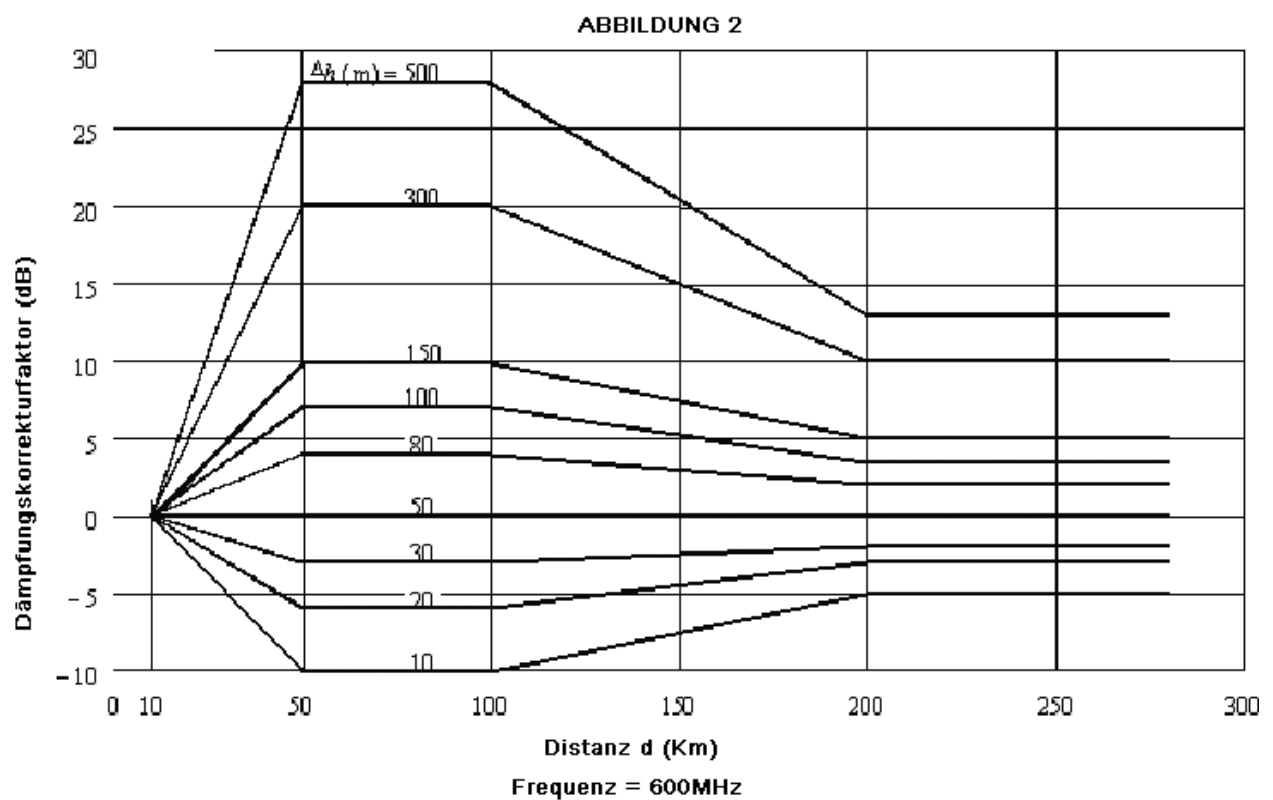
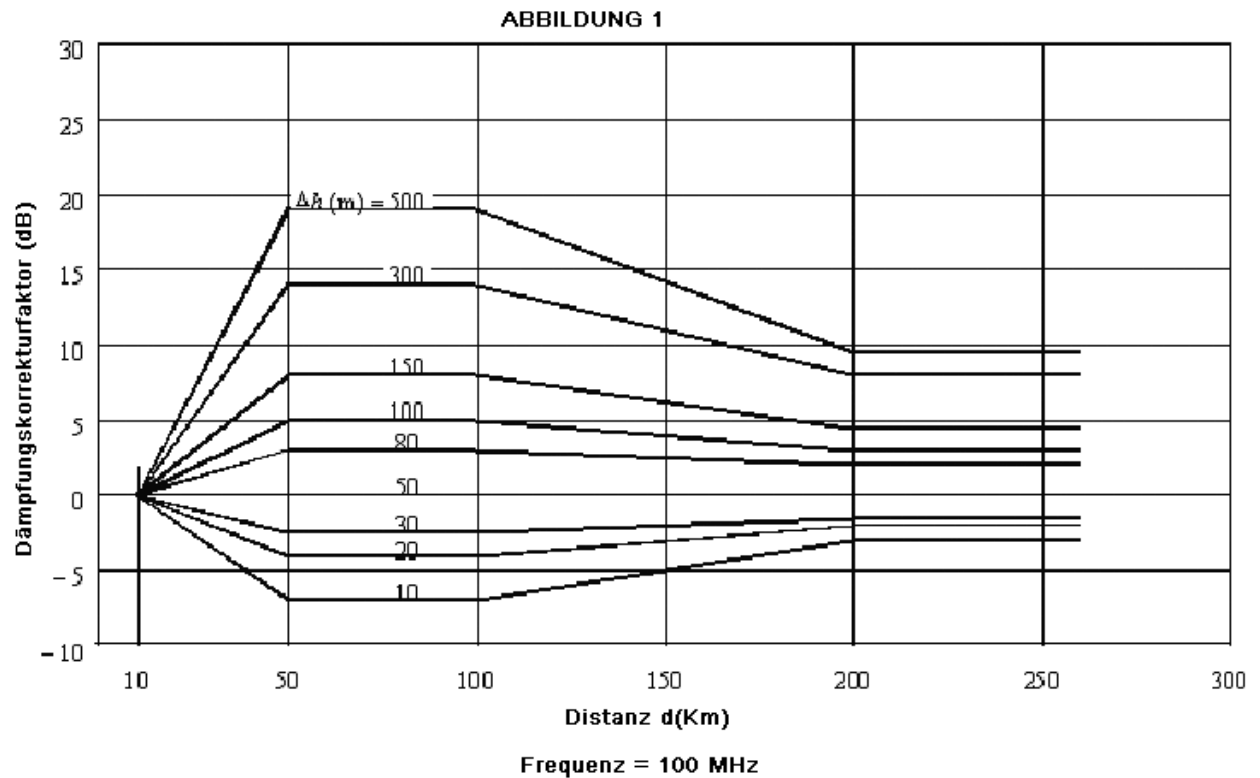
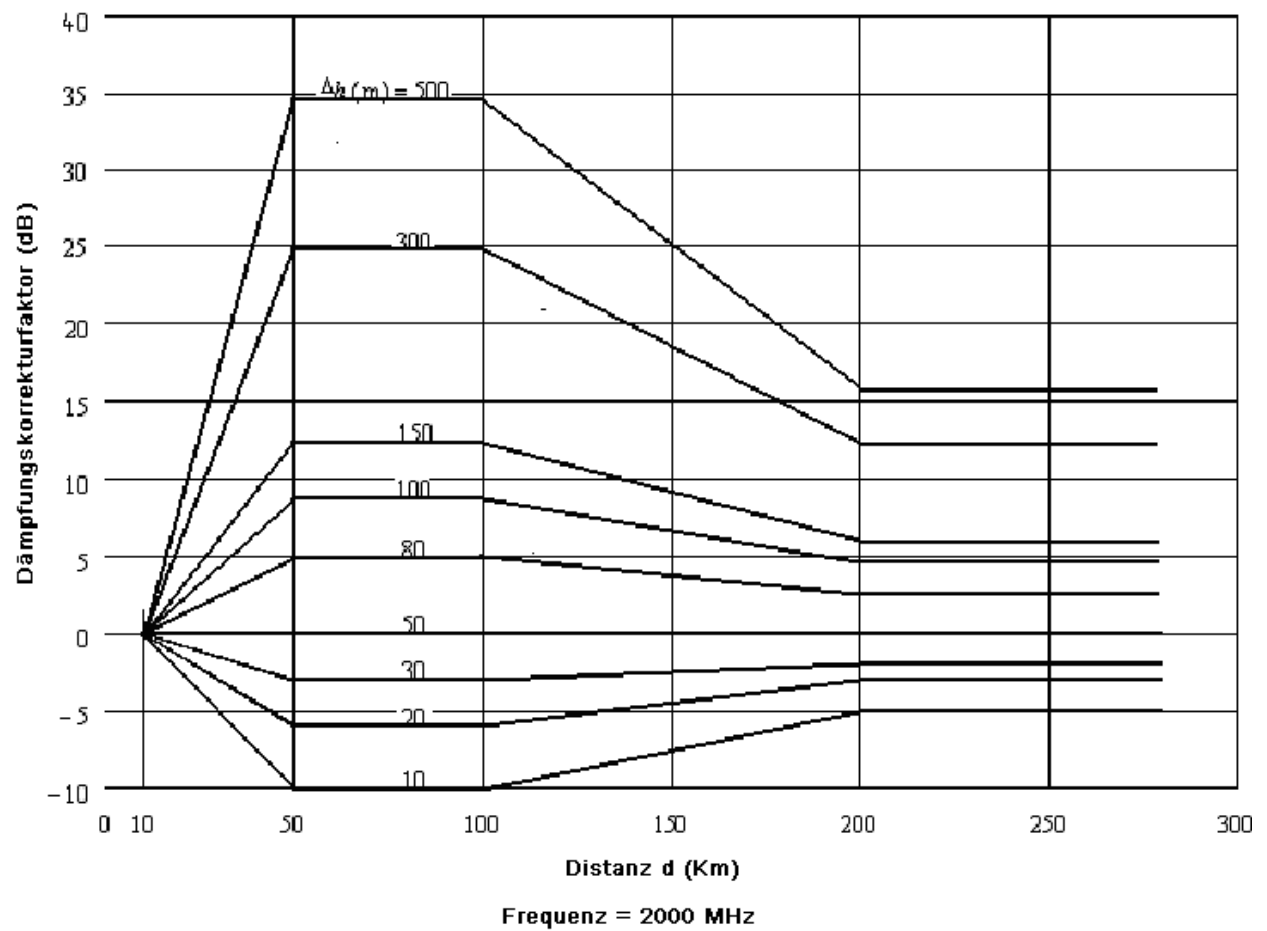


ABBILDUNG 3

Korrekturfaktoren in Abhängigkeit von Δh [dB]

Δh [m]	100 MHz		600 MHz		2000 MHz	
	50 km	200 km	50 km	200 km	50 km	200 km
10	-7.0	-3.0	-10.0	-5.0	-10.0	-5.0
20	-4.0	-2.0	-6.0	-3.0	-6.0	-3.0
30	-2.5	-1.5	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80	3.0	2.0	4.0	2.0	5.0	2.5
100	5.0	3.0	7.0	3.5	8.7	4.3
150	8.0	4.5	10.0	5.0	12.4	6.2
300	14.0	7.0	20.0	10.0	24.8	12.4
500	19.0	9.5	28.0	13.0	34.7	16.1

Inter- oder Extrapolation des Korrekturfaktors in Abhängigkeit von der Geländerauigkeit als Funktion der Frequenz

Der Korrekturfaktor in Abhängigkeit von der Geländerauigkeit für eine bestimmte Frequenz muss zwischen den Werten der Nennfrequenzwerte 100, 600 und 2000 MHz interpoliert werden. Bei Frequenzen unterhalb 100 MHz oder oberhalb 2000 MHz ist die Interpolation durch Extrapolation von den beiden nächstgelegenen Nennfrequenzwerten zu ersetzen.

Die angewandte Formel lautet:

$$C = C_{\text{inf}} + (C_{\text{sup}} - C_{\text{inf}}) \log(f / f_{\text{inf}}) / \log(f_{\text{sup}} / f_{\text{inf}}) \quad \text{dB}\mu\text{V/m}$$

Hierbei ist:

- f: Frequenz für die vorliegende Prognose [MHz]
- f_{inf} : untere Nennfrequenz (100 MHz, wenn $f < 100$ MHz; 600 MHz, wenn $f > 2000$ MHz)
- f_{sup} : obere Nennfrequenz (600 MHz, wenn $f < 100$ MHz; 2000 MHz wenn, $f > 2000$ MHz)
- C_{inf} : Korrekturfaktor in Abhängigkeit von der Geländerauigkeit für f_{inf}
- C_{sup} : Korrekturfaktor in Abhängigkeit von der Geländerauigkeit für f_{sup}

Anhang 4 zur Anlage 5

Korrekturfaktor auf Grund des Geländeneigungswinkels

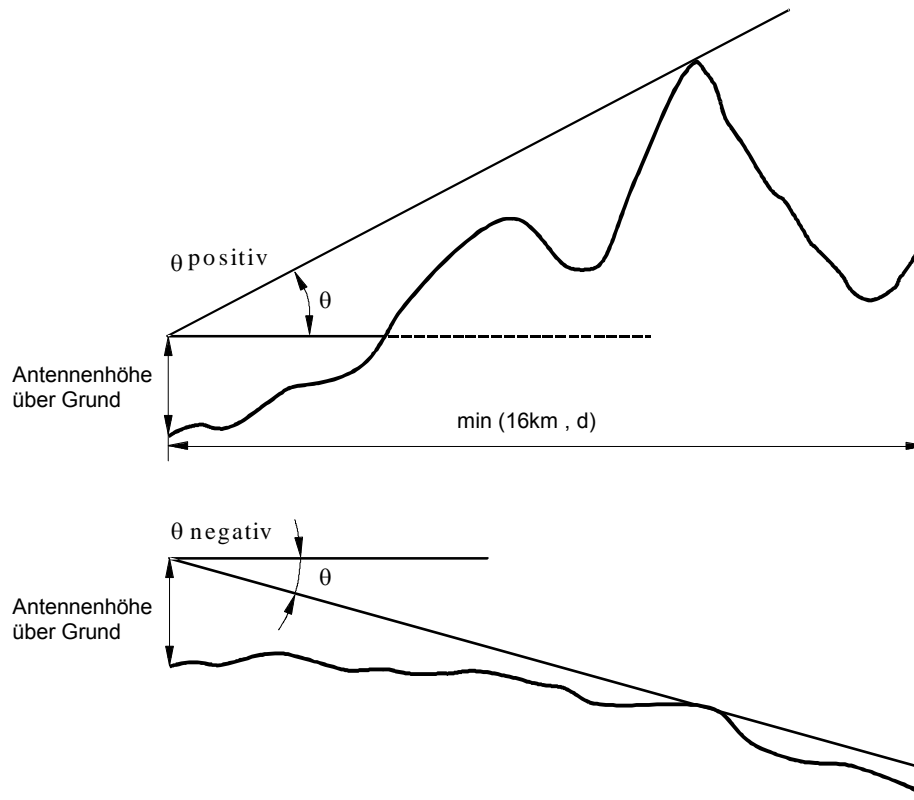


Abbildung 1: Geländeneigungswinkel

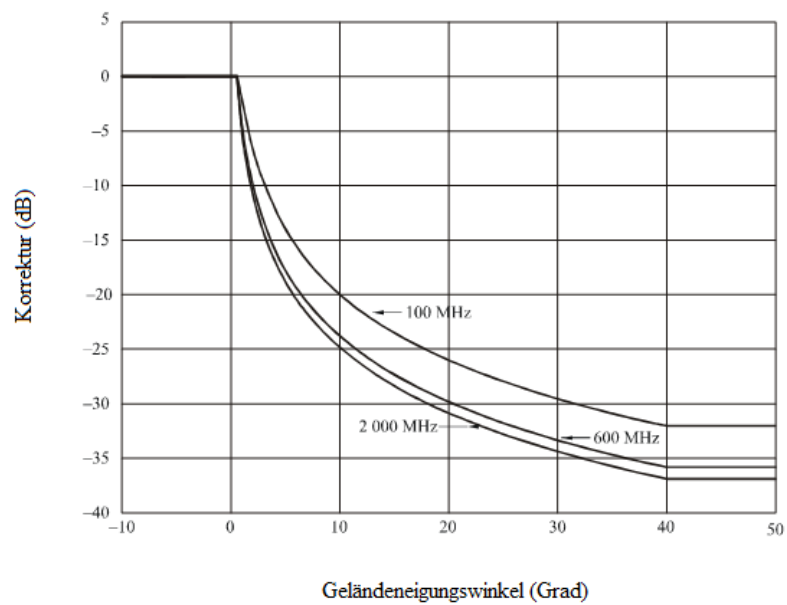


Abbildung 2: Geländeneigungswinkel-Korrektur

Abbildung 2 dient nur zur Information. Die Korrektur in Abhängigkeit vom Geländeneigungswinkel sollte wie folgt errechnet werden:

Für Entfernungen größer oder gleich 16 km

Für 100 MHz lautet die Gleichung:

$$Correction = 9.1 - \left[6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(v - 0.1)^2 + 1} + v - 0.1 \right) \right]$$

$$v = 37.2 * \theta \quad \theta \text{ (rad),}$$

mit einem Grenzwert von 0 dB bei kleinen Winkeln und -32 dB bei 40 Grad.

Für 600 MHz lautet die Gleichung:

$$Correction = 13.1 - \left[6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(v - 0.1)^2 + 1} + v - 0.1 \right) \right]$$

$$v = 91.2 * \theta \quad \theta \text{ (rad),}$$

mit einem Grenzwert von 0 dB bei kleinen Winkeln und -35 dB bei 40 Grad.

Für 2000 MHz lautet die Gleichung:

$$Correction = 17.3 - \left[6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(v - 0.1)^2 + 1} + v - 0.1 \right) \right]$$

$$v = 167 * \theta \quad \theta \text{ (rad),}$$

mit einem Grenzwert von 0 dB bei kleinen Winkeln und -36 dB bei 40 Grad.

Für Entfernungen bis 16 km:

Korrektur = oben errechnete Korrektur * d / 16 km.

Inter- oder Extrapolation der Geländeneigungswinkelkorrektur als Funktion der Frequenz

Die Geländeneigungswinkelkorrektur für eine bestimmte Frequenz muss zwischen den Werten für die Nennfrequenzen 100, 600 und 2000 MHz interpoliert werden. Bei Frequenzen unterhalb 100 MHz oder oberhalb 2000 MHz ist die Interpolation durch eine Extrapolation von den beiden nächsten Nennfrequenzwerten zu ersetzen.

Die angewandte Formel lautet:

$$TCA_c = TCA_c_{inf} + (TCA_c_{sup} - TCA_c_{inf}) \log(f / f_{inf}) / \log(f_{sup} / f_{inf}) \quad \text{dB}$$

Hierbei ist:

- f: Frequenz für die vorliegende Prognose [MHz]
- f_{inf} : untere Nennfrequenz (100 MHz, wenn $f < 100$ MHz; 600 MHz, wenn $f > 2000$ MHz)
- f_{sup} : obere Nennfrequenz (600 MHz, wenn $f < 100$ MHz; 2000 MHz, wenn $f > 2000$ MHz)
- TCA_c_{inf} : Geländeneigungswinkelkorrektur für f_{inf}
- TCA_c_{sup} : Geländeneigungswinkelkorrektur für f_{sup}