

## Benutzungshinweise

Die Simulationsapplikation ist ein Informationsangebot der Webseite **www.informationszentrum-mobilfunk.de** und ist als Information für private oder behördliche Nutzer gedacht. Eine kommerzielle Nutzung der Simulationsapplikation wird ausdrücklich untersagt.

Die Simulationsapplikation ermittelt die Feldsituation in typischen Expositionssituationen, wenn ein oder zwei Betreiber betrachtet werden. Die Exposition von mehr als zwei Betreibern kann mit der Applikation nicht nachgebildet werden. Für die Richtigkeit und Übertragbarkeit auf die Praxis wird keine Gewähr übernommen.

Die Applikation ist für die Browser Firefox, Chrome, Internet Explorer und Microsoft Edge optimiert und getestet. Eine Gewähr für eine ordnungsgemäße Funktionsweise auf diesen oder anderen Browsern wird nicht übernommen und der Nutzer betreibt die Applikation auf eigenes Risiko.

## Bedienungsanleitung

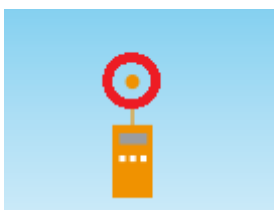
Im ersten Schritt stellen Sie die räumliche Situation ein (1). Sie können entscheiden, ob Sie ein Haus neben einem Haus oder einen Mast neben einem Haus simulieren wollen. Sie legen in (1) ebenso, die Höhe der Bauwerke, die Breite und den Abstand zueinander fest (siehe die folgende Grafik).

The screenshot shows the application interface with several sections:

- Ergebnis** (orange): Displays 'Bruchteil des Grenzwertes nach der 26. BImSchV bezogen auf die Leistungsdichte: 2.004%' and a checkbox 'mit Verlauf' (4).
- Räumliche Daten** (blue, marked 1): Radio buttons for 'Haus' (selected) and 'Mast'. Input fields for 'Höhe in m' (Links: 30, Rechts: 20), 'Breite in m' (Links: 20, Rechts: 18), and 'Abstand der Bauten in m' (40).
- Antennen** (blue):
  - Antenne 1**: Radio buttons for 'Ort' (Zentral selected, Ecken, Beides). Input fields for 'Abstände zum Messgerät' (Horizontal: 13.8 m, Vertikal: 22.6 m, Gesamt: 26.5 m). A red box (2) highlights the 'Ort' options. A red box (3) highlights the 'Höhe in m' input (3).
  - Antenne 2**: Radio buttons for 'Ort' (keine selected, Zentral, Ecken). A red box (2) highlights the 'Ort' options. A red box (3) highlights the 'Höhe in m' input (3).

Im zweiten Schritt bestimmen Sie die Position der Antennen auf den Gebäuden (2). Die Auswahlmöglichkeiten links unter Antenne 1 bestimmen die Anordnung des ersten Antennensystems auf dem linken Gebäude. Zusätzlich bestimmen Sie, ob ein Antennensystem eines weiteren Betreibers ebenfalls simuliert werden soll. Dazu haben Sie die Möglichkeit durch Setzen des Auswahlfeldes „Beides“ unter Antenne 1 zwei Systeme auf dem linken Bauwerk zu simulieren oder durch Setzen des Auswahlfeldes rechts unter Antenne 2 ein zweites Antennensystem auf dem Haus rechts zu positionieren. Mit den Feldern (3) legen Sie die Höhe über dem Dach der Antennen fest.

Mit Hilfe der Checkbox (4) können Sie wählen, ob in die Fläche zwischen den Bauwerken ein Feldverlauf angezeigt werden soll oder nicht.



Nun können Sie im zweiten Schritt das Messgerät mit der Maus verschieben. Dabei gilt als „Messpunkt“ der kreisförmige Aufsatz, der in der nebenstehenden Grafik rot umrandet ist.

Links im orangen Bereich sehen Sie jeweils den Bruchteil des Grenzwertes nach der 26. BImSchV bezogen auf die Leistungsdichte.

Wird der Sicherheitsabstand unterschritten, so werden als Ergebnis immer 100% angezeigt, unabhängig davon ob der Sicherheitsabstand knapp oder deutlich unterschritten wird.

Zusätzlich erhalten Sie jeweils in den Feldern unter Antenne 1 bzw. Antennen 2 Informationen über den Abstand der Antenne zum Messgerät. Werden die Antennen in der Position „Ecken“ betrachtet, wird der Abstand zu der Antenne angegeben, die am nächsten zur Bildmitte liegt.

## Erläuterungen zur Berechnungsgrundlage

Theoretische Immissionsprognosen zur Abschätzung der Exposition sind immer so auszulegen, dass die Berechnung zu einer Überschätzung der Felder führt. In der vorliegenden Simulations-App werden je Antennensystem verschiedene Funkssysteme betrachtet, denn heute ist es üblich, dass mehrere Funkssysteme über eine Antenne abgestrahlt werden. In der Simulation wird angenommen, dass je Antenne fünf verschiedene Funkssysteme mit jeweils maximaler Sendeleistung abgestrahlt werden. Bei der Betrachtung von Immissionen sind die am Ort auftretenden Felder verschiedener Sender und damit verschiedener Frequenzen zu berücksichtigen. Um dies zu leisten, gilt es, je Frequenz den Faktor zum Grenzwert zu bestimmen und diesen über alle Sender aufzusummieren. In der "Richtlinie für die Begrenzung der Exposition durch zeitlich veränderliche, magnetische und elektromagnetische Felder - ICNIRP-Richtlinie" wird folgende Beziehung dafür angegeben:

$$\sum_i \frac{S_{ixy}}{S_{iGrenz}} < 1$$

Dies muss erfüllt sein, damit der Grenzwert unabhängig von der Frequenz eingehalten wird.

Darin ist  $S_{iGrenz}$  der Grenzwert in der Leistungsdichte für den Sender Nr.  $i$ , also z.B.  $9\text{W}/\text{m}^2$  für einen  $1800\text{MHz}$ -Sender und  $S_{ixy}$  die Leistungsdichte durch den Sender Nr.  $i$  am Ort  $x,y$ .

Mit der Fernfeldbeziehung zwischen Abstand und Leistungsdichte

$$S_x \sim \frac{1}{r_x^2}$$

worin  $r_x$  der Abstand vom Sender ist, lässt sich der Bruchteil zum Grenzwert berechnen.

Aufgrund der Richtcharakteristik der Antennen ist  $r_{iGrenz}$  winkelabhängig. Darum lässt sich folgendes schreiben:

$$r_{iGrenz}(\varphi) = r_{iGrenz}(0) \cdot R(\varphi, \vartheta)$$

Hierin ist  $r_{iGrenz}(0)$  der Sicherheitsabstand in Hauptstrahlrichtung.  $R$  gibt die Richtcharakteristik der Antenne wieder.  $\varphi$  ist die vertikale und  $\vartheta$  die horizontale Winkelabhängigkeit. Für die horizontale Winkelabhängigkeit wird angenommen, dass man sich immer in Hauptstrahlrichtung befindet. Auch dies führt zu einer Überschätzung der Felder. In der folgenden Abbildung ist die Richtcharakteristik als Funktion des Winkels dargestellt.

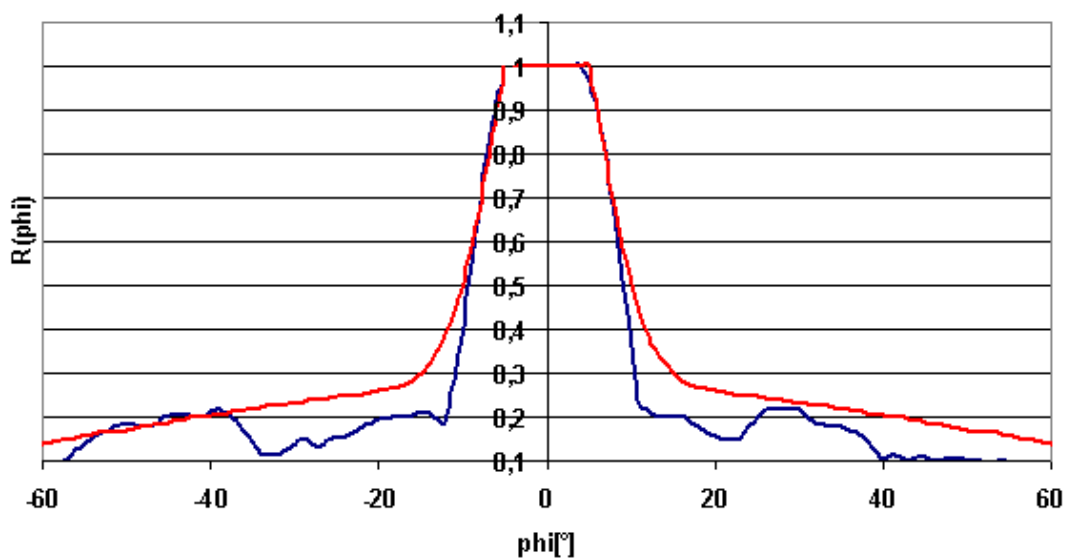
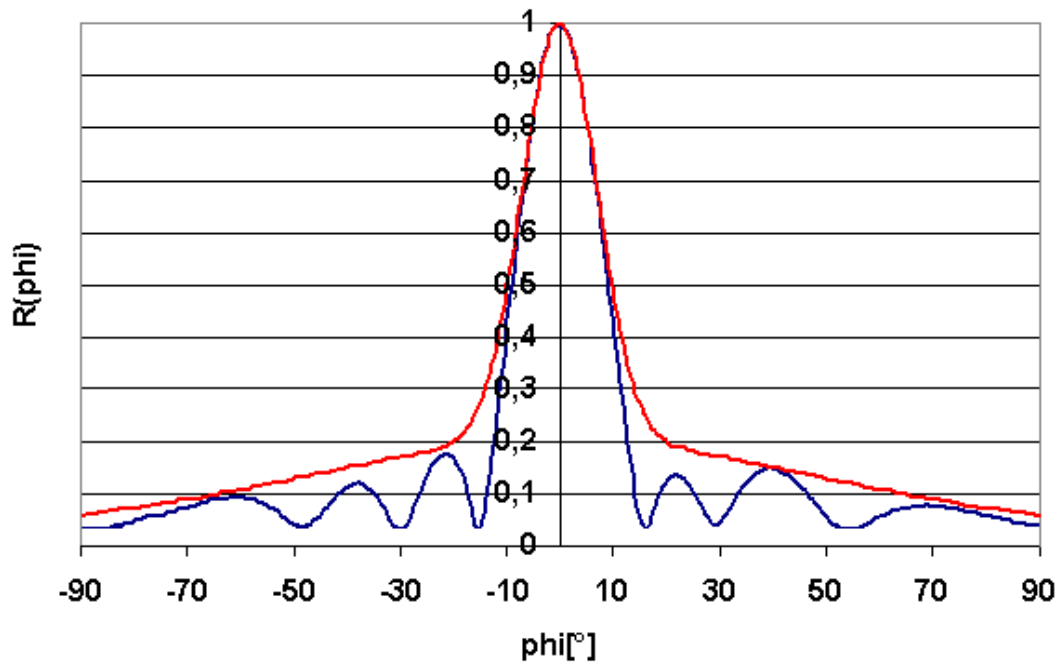
Die Nebenkeulen zeigen in der Regel tiefe Einzüge. Wenn diese in der Berechnung berücksichtigt würden, führten bereits kleine Abweichungen im Winkel zu großen Abweichungen. Aus diesem Grund wurde über die Nebenkeulen eine Einhüllende gelegt. Auch diese Vorgehensweise führt zu einer Überschätzung der Felder.

Als Einhüllende wurde folgende Funktion gewählt:

$$R(\varphi) = A \cdot \exp\left(-\frac{\varphi^2}{2 \cdot \sigma^2}\right) + B \cdot \exp\left(-\frac{\varphi^2}{2 \cdot \mu^2}\right) + C$$

Darin beschreiben die Parameter  $A$  und  $\sigma$  die Hauptstrahlrichtung, die Parameter  $B$  und  $\mu$  die Nebenkeulen und  $C$  die rückwärtige ( $\varphi = 180^\circ$ ) Einhüllende. Die beiden Abbildungen zeigen entsprechende typische Beispiele.

In rot ist die theoretische Kurve dargestellt; in blau die vom Hersteller angegebene Richtcharakteristik. Für Antennen ohne elektrischen Tilt gilt immer  $A+B+C = 1$ .



Für Antennen mit elektrischem Tilt darf die Summe zunächst auch größer als 1 sein. Anschließend wird die Funktion aber für Werte von größer 1 auf 1 begrenzt. Hintergrund dafür ist, dass der sog. elektrische Downtilt ein Absenken der Antennen über einen Winkelbereich ermöglicht. Dies macht es auch notwendig, dass die Beantragung der Standortbescheinigung über den möglichen Winkelbereich erfolgen muss. Die Richtcharakteristik wird in der Weise verändert, dass die Hauptstrahlrichtung um den einstellbaren Winkelbereich verbreitert wird (siehe die zweite Abbildung).

In der Simulation werden einfach reflektierte Signale derart berücksichtigt, dass 50% (3 dB) in der Leistung als reflektiertes Signal angenommen wurden.

Beugungen wurden nur bei Zentralmasten an den Hausecken betrachtet. Hier wurde ein linearer Übergang vom Bereich ohne Beugung zum Bereich 90° unter der Antenne mit 6dB berechnet.