

# **Programmbeschreibung**

**des Softwarepakets**

**Watt-Wächter V 2.0**

**12. Oktober 2017**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Umfang von Watt-Wächter .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Start des Programmes .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Anleitung für den Assistentenmodus .....</b>	<b>6</b>
4.1.	Schritt 1: Antennenerfassung .....	6
4.2.	Schritt 2: Antennenposition.....	8
4.3.	Schritt 3: Senderdaten .....	11
4.4.	Schritt 4: Kabeldaten .....	12
4.5.	Schritt 5: Berechnung der Schutzabstände .....	13
4.6.	Ende der Berechnungen und Speichern der Anlagen-konfiguration .....	18
<b>5</b>	<b>Anleitung für den erweiterten Modus .....</b>	<b>19</b>
5.1.	Eingabe der Anlagenkonfiguration.....	19
5.2.	Berechnung .....	32
5.3.	Darstellung des Schutzbereichs.....	39
5.4.	Ende der Berechnungen und Speichern der Anlagen konfiguration.....	42
<b>6</b>	<b>Erstellung einer Anzeige nach BEMFV .....</b>	<b>43</b>
6.1.	Eingabe der Benutzerdaten.....	43
6.2.	Anzeige fertigen.....	45
6.3.	Beispiel einer Anzeige .....	47
<b>7</b>	<b>Hinweise zum Erstellen eigener Antennendaten mit NEC2 .....</b>	<b>51</b>
7.1.	Modellierung .....	51
7.2.	Berechnung .....	52
7.3.	Dateinamen .....	53
<b>8</b>	<b>Illustration der Lage der Antennen.....</b>	<b>54</b>
<b>9</b>	<b>Verbindlichkeit des Verfahrens .....</b>	<b>55</b>
<b>10</b>	<b>Abschließende Hinweise .....</b>	<b>55</b>
10.1.	Berechnung des Schutzbereichs .....	55
10.2.	Besonderheiten bei speziellen Antennen .....	57

# 1 Einleitung

Watt-Wächter ist auf Plattformen wie z.B. Windows, Linux, Mac OS oder Unix durch die Programmierung in Java lauffähig. Es ist somit keine Installation notwendig und es erfolgt kein Datenaustausch mit der Bundesnetzagentur. Das Programm benötigt eine aktuelle Java-VM mit mindestens der Version 1.6.

Eine aktuelle Java Laufzeitumgebung kann auf der folgenden Webseite heruntergeladen werden und bedarf einer Installation:

<http://www.java.com/de/download/manual.jsp>.

# 2 Umfang von Watt-Wächter

Die Datei *wattwaechter.zip* enthält das ausführbare Programm *wattwaechter.jar* sowie ein Verzeichnis mit dem Namen NECDATA, das die Feldinformationen einiger Antennen enthält.

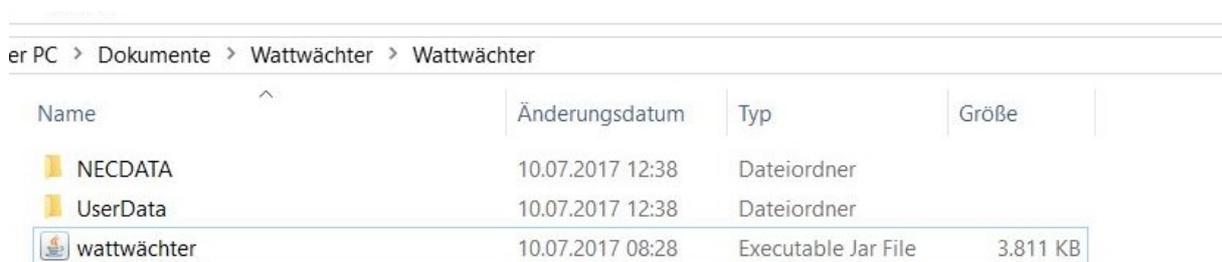


Bild 2.1: Komprimiertes ZIP-Verzeichnis *wattwaechter.zip*

Die gepackte Datei *wattwaechter.zip* ist in ein beliebiges Verzeichnis auf der Festplatte zu entpacken. Das entpackte Verzeichnis enthält das ausführbare .jar File, die Ordner NECDATA mit den .field Dateien der BNetz A sowie einen leeren UserData Ordner.

**Wichtig:** NECDATA, UserData und *wattwaechter.jar* müssen sich im gleichen Verzeichnis befinden.

### 3 Start des Programmes

Zum Starten des Programms auf die zuvor im Zielverzeichnis entpackte Datei *wattwaechter.jar* doppelklicken. Falls das Programm nicht wie beschrieben startet, muss die entsprechende Anwendung mit dem Programm verknüpft werden. Bei Mac OS kann das Programm auch in der Konsole mit *java -jar wattwaechter.jar* gestartet werden.

Es erscheint das Startfenster mit zwei möglichen Benutzermodi:

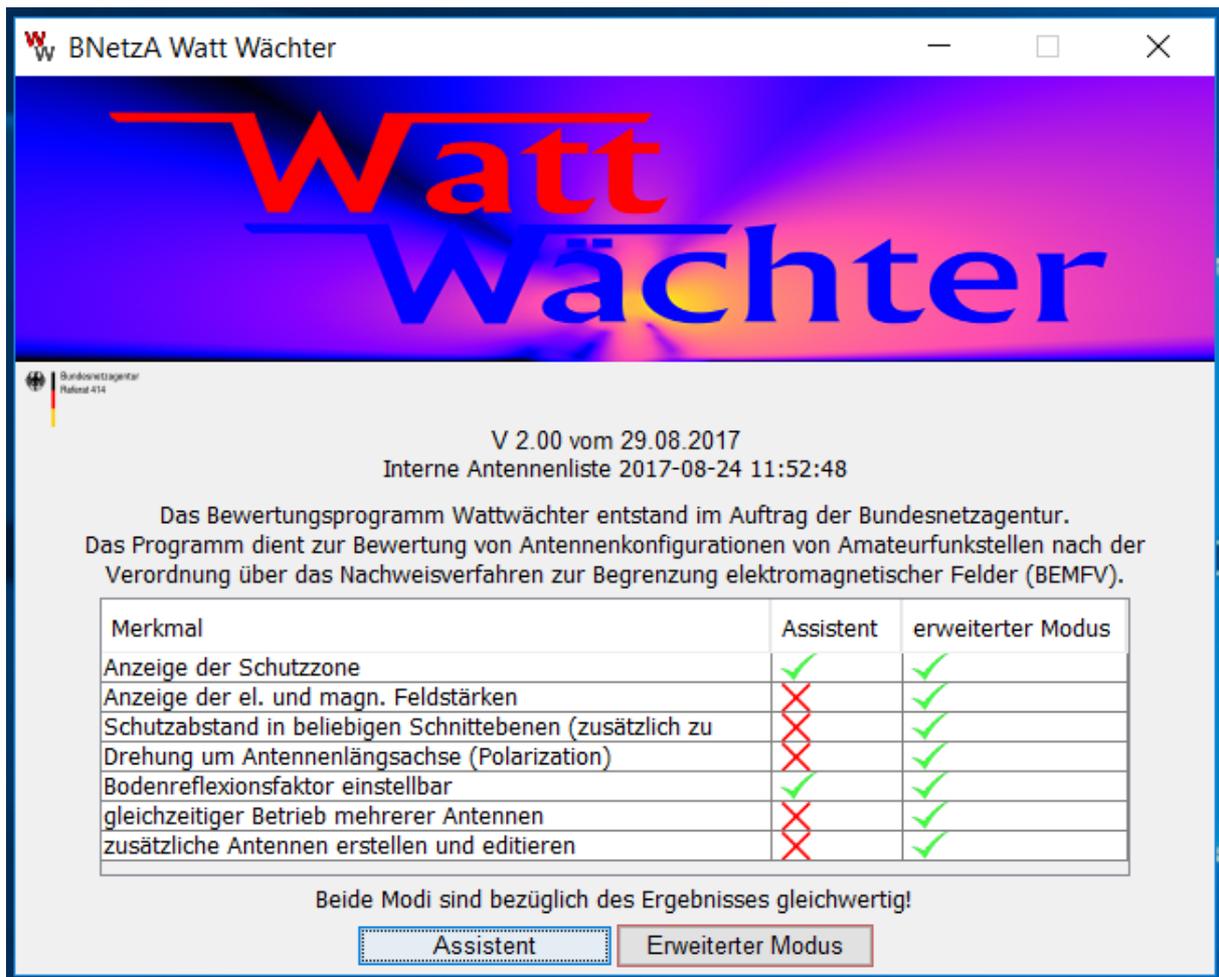


Bild 3.1: Startfenster nach Programmstart

#### Assistent:

Der Assistent führt den Benutzer durch die Berechnung einer ortsfesten Amateurfunkstelle, die bei Bedarf entsprechend der BEMFV angezeigt werden kann. Die einzugebenden Daten sind auf ein Minimum reduziert, um in möglichst wenigen Schritten die Berechnung sowie die Anzeige selbst abzuschließen.

Der Assistent beinhaltet eine Liste von häufig verwendeten Antennen. Es wird empfohlen, diesen Modus zu benutzen.

**Erweitert:**

Der erweiterte Modus erlaubt Benutzern weitreichende Funktionalitäten. Neben den Schutzabständen können in diesem Modus auch die elektrischen und magnetischen Feldstärken in beliebigen Schnittebenen dargestellt werden, wobei auch die Überlagerung mehrerer Antennen (Sender) berechnet werden kann.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die vorhandenen Antennen und Kabel zu editieren, eigene Antennen zu erstellen oder NEC-Daten zu importieren.

Eigene Antennen oder Antennen anderer Funkamateure können im Ordner UserData gespeichert werden. Bei einem Neustart werden die Antennen aus dem Ordner UserData geladen.

***Hinweis:***

Die Sprache von Watt-Wächter richtet sich nach der eingestellten Umgebungsvariablen des Betriebssystems. Derzeit ist Watt-Wächter in deutscher und englischer Sprache verfügbar.

## 4 Anleitung für den Assistentenmodus

### 4.1. Schritt 1: Antennenerfassung

Die Antennenbibliothek von Watt-Wächter beinhaltet eine Reihe häufig verwendeter Antennen.

Die Auswahl des Antennenmodells erfolgt nach *Hersteller*, *Modell* und *Frequenz* im mittleren Bereich von Watt-Wächter (Dialogbereich), siehe Bild 4.1. Unterhalb des Dialogbereiches werden nähere Informationen zur gewählten Antenne angezeigt. Hierzu bitte Hinweise weiter unten beachten!

Antennen können auch über das Feld *Suchen* gefunden werden. Die Suche erfolgt über den Hersteller oder das Modell.

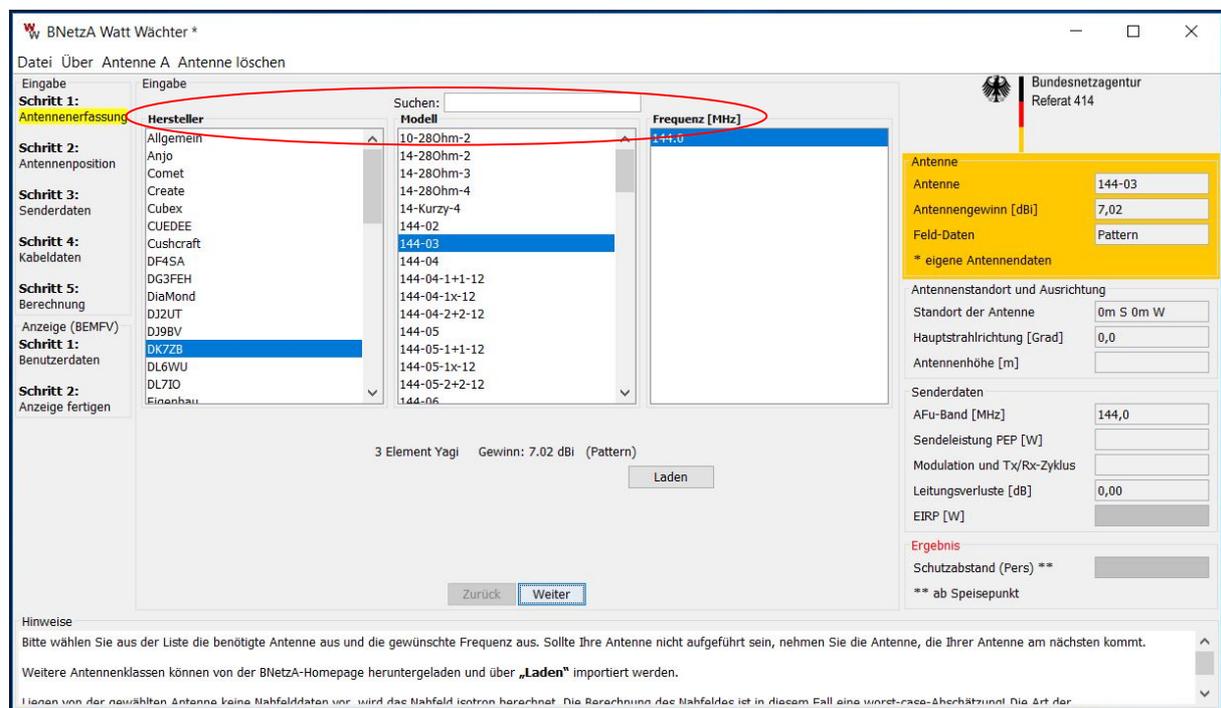


Bild 4.1: Antennenerfassung

Sollte nur eine Frequenz angeboten werden, muss auch diese markiert werden. Nach Auswahl des Antennenmodells mit **Weiter** fortfahren.

Danach werden die Daten in die Übersicht rechts übernommen (siehe Bild 4.1). Die Textbox *Feld-Daten* zeigt an in welcher Form die Antennendaten vorliegen:

*NEC*: Es liegen vollständige Daten der Antenne vor. Die Schutzbereiche können sowohl im Fernfeld als auch im Nahfeld der Antenne möglichst genau berechnet werden.

*Pattern:* Es liegen Winkeldämpfungsdaten für das Fernfeld vor, der Schutzbereich wird im Fernfeld anhand der vorhandenen Daten berechnet, im Nahfeld wird eine isotrope Näherung vorgenommen.

*Isotropic:* Fernfeld und Nahfeld werden als isotrop mit dem entsprechenden Gewinn angenommen (worst-case Abschätzung).

***Hinweis:***

Es sollten nach Möglichkeit Antennen mit NEC-Daten verwendet werden, um einen möglichst realistischen Schutzbereich zu erhalten.

Bei NEC- Daten gilt zusätzlich folgendes Bezeichnungsschema:

- Endgespeiste Drahtantennen sind mit dem Zusatz „EF“ (end-feed) versehen
- asymmetrisch gespeiste Antennen haben das Längenverhältnis vor und nach dem Speisepunkt mit angegeben, z.B. „2/3 + Y“. Dies bedeutet das Verhältnis der Speisung ist 1/3 zu 2/3, wobei der längere Arm (2/3) in Richtung der positiven y-Achse liegt

Mit der Funktion **Laden** können weitere Antennendaten, die von der Bundesnetzagentur oder von anderen Funkamateuren bereitgestellt werden, in die vorhandene Liste importiert werden. Das Laden der Antennen erfolgt automatisch, wenn die XML Files im Ordner UserData entpackt wurden. Die .field Dateien sollen auch im Ordner UserData vorhanden sein.

Kapitel 7 beschreibt das Erstellen eigener Antennendaten mit NEC2.

## 4.2. Schritt 2: Antennenposition

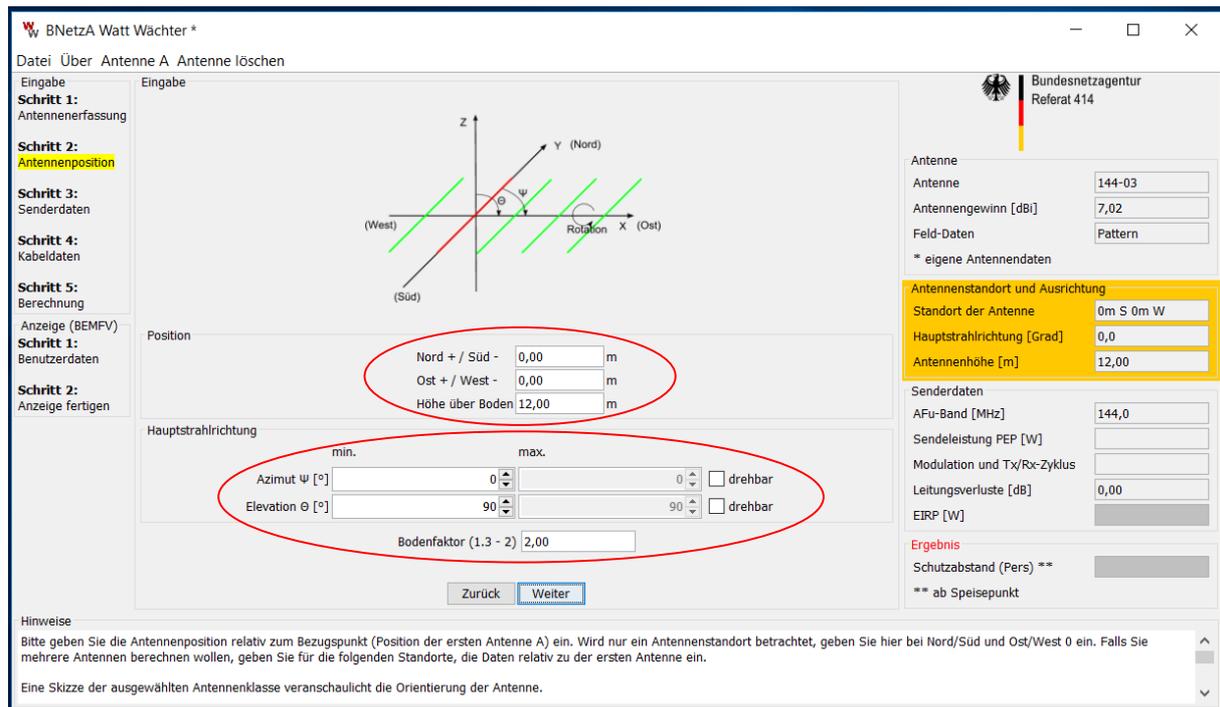


Bild 4.2: Antennenposition

Die Angabe der *Position* im Dialogbereich ist relativ auf die Position bezogen, die im Benutzerdaten-Dialog eingegeben wird (WGS84), falls der Benutzer sich entschließt, seine Antennenkonfiguration nach BEMFV anzuzeigen. Es wird empfohlen, als Referenzposition die erste Antenne anzugeben, d.h. für nur eine Antenne die Werte Nord/Süd = 0 m und Ost/West = 0 m anzugeben.

Bei mehreren Antennen wird dann die Verschiebung der weiteren Antennen bezogen auf die erste Antenne angegeben.

Bei bekannten Antennentypen wird eine Skizze der ausgewählten Antennenklasse angezeigt, um die Positionen und Winkel zu veranschaulichen, die eingestellt werden können.

**Höhe** der Antenne ist die Höhe des Einspeisepunktes der Antenne über dem Erdboden.

Die **Hauptstrahlrichtung** der Antenne kann sowohl fest, als auch variabel gewählt werden. Variabel bedeutet in diesem Fall, dass die Antenne dreh- oder schwenkbar ist. Dann muss der Auswahl-Button **drehbar** aktiviert werden und der entsprechende Winkelbereich eingetragen werden. Der Winkel in **Azimut** wird mit  $\Psi$  (Psi) bezeichnet, wobei  $0^\circ$  Nordrichtung darstellen und der Winkel von der y-Achse beginnend mit dem

Uhrzeigersinn positiv gezählt wird, d.h.  $90^\circ$  entsprechen Ost,  $180^\circ$  entsprechen Süd und  $270^\circ$  entsprechen West. Im obigen Beispiel kann die Antenne im Azimutbereich von  $30^\circ$  bis  $170^\circ$  gedreht werden (von Nordost über Osten bis annähernd nach Süden), die Elevation ist fest zu  $90^\circ$  gewählt.

**Hinweis:** Die Illustrationen der Antennen in dem Dialogbereich beziehen sich dabei auf die Position  $\Psi = 90^\circ$ . Für  $\Psi = 0^\circ$  liegt die Langdrahtantenne oder der Boom einer Yagi-Antenne auf der  $y$ -Achse (Richtung Norden), ein Dipol entlang der  $x$ -Achse und eine Loop-Antenne in der  $y$ - $z$ -Ebene. Die Lage einiger häufig verwendeten Antennen bei verschiedenen Drehwinkeln ist im Bild 8 in Kapitel 8 gezeigt.

**Hinweis:** Antennen mit Radials, die als NEC-Daten vorliegen sind rotations-symmetrisch modelliert. Damit beschreibt der maximale Schutzabstand in der Azimutebene einen horizontalen Kreis um die Antenne. Siehe hierzu auch Kapitel "Besonderheiten bei speziellen Antennen".

**Hinweis:** Bei asymmetrisch gespeisten Drahtantennen (z.B. FD4) wird zusätzlich in dem Antennenerfassungsdialog eine Information über das Längenverhältnis (z.B.  $2/3+Y$ ) angegeben. Diese Information bezieht sich auf die in der Illustration gezeigte Lage der Antenne. In dem Fall wird die Antenne entlang der  $y$ -Achse angezeigt, der längere Arm der Antenne wird in die positive  $Y$ -Richtung orientiert. Bei der in der Illustration gezeigten Lage der Antenne ist der längere Arm in positive  $y$ -Richtung orientiert. Dies entspricht einem  $\Psi$  von  $90^\circ$ . Für  $\Psi = 0^\circ$  würde der längere Arm in die positive  $x$ -Richtung schauen.

Der **Elevationswinkel** ist mit  $\Theta$  (Theta) bezeichnet und wird von der  $z$ -Achse nach unten positiv gezählt, d.h.  $0^\circ$  entspricht einer Ausrichtung entlang der  $z$ -Achse nach oben,  $90^\circ$  entsprechen einer Ausrichtung parallel zum Boden.

**Hinweis:** Die Elevationsdrehung wird aus dem Azimut-Winkel  $\Psi = 90^\circ$  heraus durchgeführt (entspricht der Antennenillustrationen), d.h. bei der Elevationsdrehung wird eine Yagi-, Loop-, Groundplane- oder Langdrahtantenne aus der im Bild gezeigten Position nach oben/unten geneigt. Bei einem Dipol bewirkt die Elevationsdrehung keinen Unterschied, da die Antenne bei der Drehung um die  $y$ -Achse rotationssymmetrisch ausfällt. Um einen Dipol aus der  $x$ - $y$ -Ebene heraus zu drehen, muss die Funktion "Rotation" im Experten-Modus verwendet werden.

Der **Bodenfaktor** gibt an, wie stark die elektromagnetische Welle am Boden reflektiert

wird. Er hängt ab von der Beschaffenheit und dem Feuchtegehalt des Untergrundes. Er kann im Bereich von 1,3 (z.B. trockener Grasboden) bis 2,0 (z.B. Betonboden mit einer Wasserschicht) variiert werden.

**Hinweis:** Es wird ausdrücklich empfohlen den voreingestellten Wert (2,0) nicht zu verändern, da er maßgeblich in die Bestimmung des Schutzbereiches eingeht.

Eingaben mit **Weiter** bestätigen.

### 4.3. Schritt 3: Senderdaten

The screenshot shows the 'BNetzA Watt Wächter' application window. The title bar reads 'BNetzA Watt Wächter \*'. The menu bar includes 'Datei', 'Über', 'Antenne A', and 'Antenne löschen'. The sidebar on the left lists five steps: 'Schritt 1: Antennenerfassung', 'Schritt 2: Antennenposition', 'Schritt 3: Senderdaten' (highlighted in yellow), 'Schritt 4: Kabeldaten', and 'Schritt 5: Berechnung'. Below the sidebar, there are sections for 'Anzeige (BEMFV)', 'Schritt 1: Benutzerdaten', and 'Schritt 2: Anzeige fertigen'. The main area contains 'Sendart (DIN EN 50413, Ausgabe August 2009)' with radio buttons for CW, AM, TV, DTX, SSB (selected), FM, GSM, and 'alle Betriebsarten'. Below this is 'Sende-/Empfangs-Zyklus (in Minuten)' with radio buttons for Tx6-Rx0 (selected), Tx4-Rx2, Tx2-Rx4, Tx5-Rx1, Tx3-Rx3, and Tx1-Rx5. A 'Sendeleistung PEP [W]' input field is present. At the bottom are 'Zurück' and 'Weiter' buttons. The right-hand panel shows antenna data: 'Antenne' (144-03), 'Antennengewinn [dBi]' (7,02), 'Feld-Daten' (Pattern), and '\* eigene Antennendaten'. Below this is 'Antennenstandort und Ausrichtung' with fields for 'Standort der Antenne' (0m S 0m W), 'Hauptstrahlrichtung [Grad]' (0,0), and 'Antennenhöhe [m]' (12,00). The 'Senderdaten' section is highlighted in yellow and contains: 'AFU-Band [MHz]' (144,0), 'Sendeleistung PEP [W]' (0,0), 'Modulation und Tx/Rx-Zyklus' (SSB 6/0), 'Leitungsverluste [dB]' (0,00), and 'EIRP [W]' (0). Below this is an 'Ergebnis' section with 'Schutzabstand (Pers) \*\*' and a note '\*\* ab Speisepunkt'. A 'Hinweise' section at the bottom states: 'Bitte geben Sie hier den gewünschten Betriebsmodus und die Sendeleistung ein.' and 'Sendart: Hier wird die entsprechende Modulationsart ausgewählt. Wird „alle Betriebsarten“ gewählt, wird die zur Berechnung des Schutzabstands ungünstigste Modulationsart betrachtet (worst-case).'

Bild 4.3: Senderdaten

#### Sendart

Hier wird die verwendete Modulationsart ausgewählt. Wird *alle Betriebsarten* gewählt, wird die zur Berechnung des Schutzabstands ungünstigste Modulationsart betrachtet (worst-case).

#### Sende-/Empfangs-Zyklus

Tx6 – Rx0 bedeutet 6 min senden, 0 min empfangen (worst-case)

Tx1 – Rx5 bedeutet 1 min senden, 5 min empfangen

#### Sendeleistung PEP[W]

Eingabe der Sendeleistung (PEP) in Watt.

Nach Eingabe der Daten mit **Weiter** bestätigen.

## 4.4. Schritt 4: Kabeldaten

The screenshot shows the 'Watt-Wächter' software interface. The title bar reads 'BNetzA Watt Wächter \*'. The menu bar includes 'Datei', 'Über', 'Antenne A', and 'Antenne löschen'. The left sidebar shows a list of steps: 'Schritt 1: Antennenerfassung', 'Schritt 2: Antennenposition', 'Schritt 3: Senderdaten', 'Schritt 4: Kabeldaten' (highlighted in yellow), 'Schritt 5: Berechnung', and 'Anzeige (BEMFV)'. Below the sidebar is a list of cable types: 'Aircell 7', 'Aircorn plus', 'EcoFlex 10', 'EcoFlex 15', 'H100', 'H155', 'H2000', 'RG11' (selected), 'RG142', 'RG174', 'RG212', 'RG213', 'RG213Foam', 'RG214', 'RG217', 'RG218', 'RG220', 'RG400', 'RG58', and 'RG59'. The central form contains the following fields: 'Dämpfung pro 100m [dB]' (8,0), 'Länge des Kabel [m]' (14,70), 'Kabeldämpfung [dB]' (1,2), 'Zusätzliche Dämpfung [dB]' (0,0), and 'Dämpfung insgesamt [dB]' (1,2). The right sidebar shows 'Antenne' data: 'Antenne' (144-03), 'Antennengewinn [dBi]' (7,02), and 'Feld-Daten' (Pattern). Below this is 'Antennenstandort und Ausrichtung' with 'Standort der Antenne' (0m S 0m W), 'Hauptstrahlrichtung [Grad]' (0,0), and 'Antennenhöhe [m]' (12,00). The 'Senderdaten' section is highlighted in yellow and includes: 'AFu-Band [MHz]' (144,0), 'Sendeleistung PEP [W]' (100,0), 'Modulation und Tx/Rx-Zyklus' (SSB 6/0), 'Leistungsverluste [dB]' (1,18), and 'EIRP [W]' (384). Below this is the 'Ergebnis' section with 'Schutzabstand (Pers) \*\*' and a note '\*\* ab Speisepunkt'. At the bottom, there are 'Zurück' and 'Weiter' buttons. A 'Hinweise' section at the very bottom states: 'Wählen Sie hier das benutzte Kabel aus und geben Sie die entsprechende Länge an. Zusätzlich können Dämpfungswerte für Stecker etc. angegeben werden (z.B. 0.2dB pro Steckerübergang).'

Bild 4.4: Kabeldaten

Hier kann aus bestehenden Kabeln das entsprechende ausgewählt werden. Die Auswahl des Kabeltyps bestimmt den frequenzabhängigen Dämpfungsbelag. Auszufüllen ist das Feld *Länge*, welche zusammen mit dem Dämpfungsbelag die resultierende Dämpfung des Kabels bei der Betriebsfrequenz bestimmt. Nach Eingabe der Leitungslänge kann eine *zusätzliche Dämpfung* für Stecker o.ä. angegeben werden. Sind alle Angaben gemacht, wird die gesamte Leitungsdämpfung berechnet. Diese wird mit **Weiter** übernommen.

## 4.5. Schritt 5: Berechnung der Schutzabstände

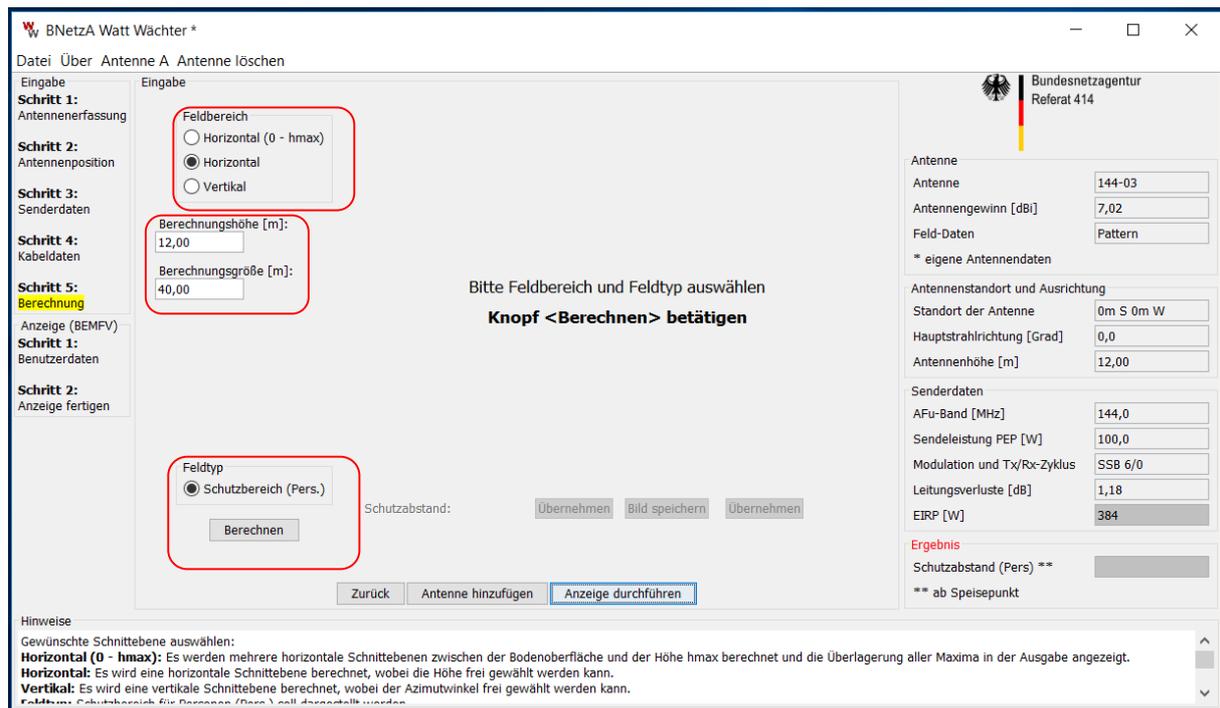


Bild 4.5: Startbildschirm des Berechnungsdialogs

Es stehen nun mehrere Möglichkeiten der Darstellung zur Auswahl.

### Feldbereich:

Auswahl der Schnittebenen

### Horizontal (0 - hmax):

Es werden mehrere horizontale Schnittebenen zwischen der Bodenoberfläche und der Höhe hmax berechnet und die Überlagerung aller Maxima in der Ausgabe angezeigt. Die maximale Höhe hmax kann variabel eingegeben werden.

**Hinweis:** Diese Methode erfordert die höchste Rechenzeit, da hier mehrere horizontale Schnittebenen berechnet werden. Für überschlägige Berechnungen wird der Feldbereich **Horizontal** empfohlen, der nur einen in der Höhe einstellbaren Horizontalschnitt berechnet.

**Hinweis:** In der derzeitigen Version von Watt-Wächter kann der Schutzabstand nur berechnet werden, wenn die Schnittebene durch die Antenne hindurchgelegt wird. Der Button **Übernehmen** ist in der Darstellung 0 – hmax deaktiviert!

Dies ist vor allem bei der Verwendung mehrerer aktiver Antennen (Überlagerungsbetrieb) im erweiterten Modus entscheidend, da sich hier die Antennen in

verschiedenen Höhen befinden können und somit eine Angabe des Schutzabstands in einer Höhe, die nicht zwingend der Höhe einer Antenne entspricht, notwendig wäre. Bei der Überlagerung mehrerer Antennen wird als Höhe der Schnittebene für den Horizontalschnitt automatisch die mittlere Antennenhöhe genommen. Dies ist durch den Benutzer ggf. auf die gewünschte Höhe anzupassen!

### Horizontal:

Es wird eine horizontale Schnittebene berechnet, wobei die Höhe frei gewählt werden kann.

### Vertikal:

Es wird eine vertikale Schnittebene berechnet, wobei der Azimutwinkel frei gewählt werden kann.

Nach Auswahl des darzustellenden Bereiches muss die Berechnung mit **Berechnen** gestartet werden.

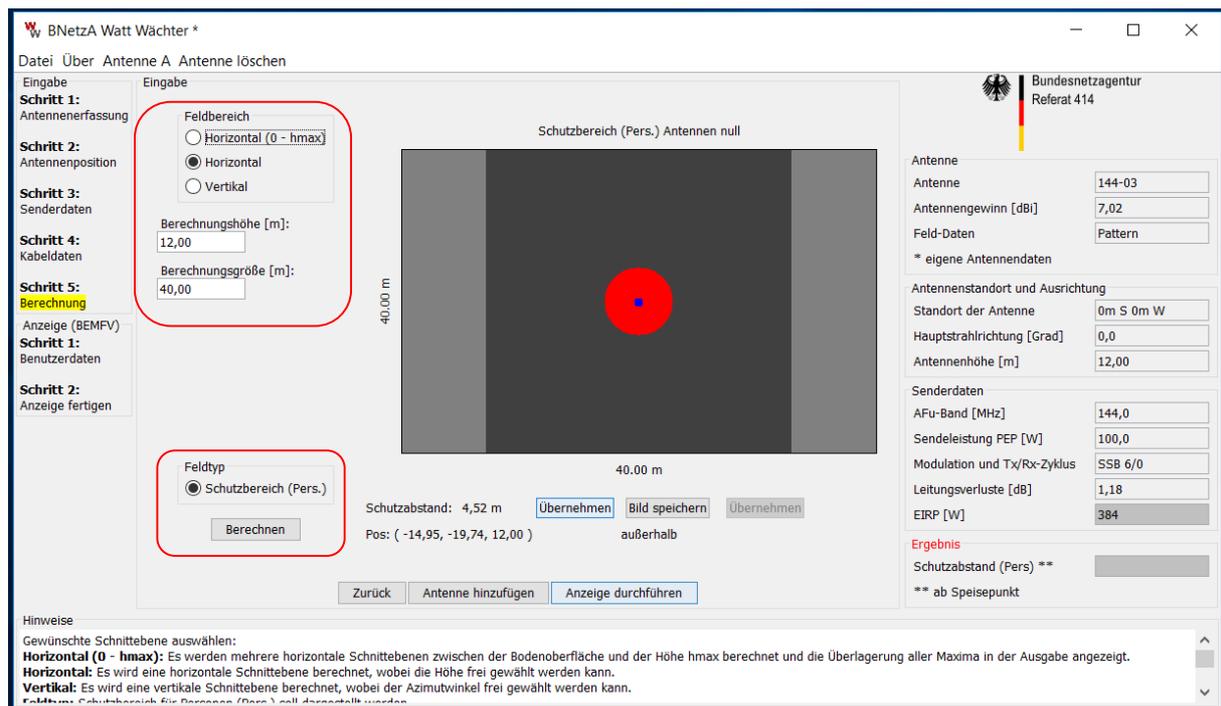


Bild 4.6: Schutzbereich Personen

Im obigen Beispiel ist der Schutzbereich Personen in einer Höhe von 12 m als roter Bereich dargestellt, der Speisepunkt entspricht dem blauen Punkt in der Mitte des angezeigten Bereiches. Die Größe des Berechnungsgebietes ist in diesem Fall 40 m x 40 m. Die maximale Ausdehnung des Schutzbereiches von der Antenne wird als Schutzabstand bezeichnet und ist als Zahlenwert angegeben. Dieser Wert wird mit

**Übernehmen** in das Formular eingetragen.

**Hinweis:** In der vertikalen Schnittebene kann der Schutzabstand, d.h. die maximale Ausdehnung des Schutzbereiches ebenfalls automatisch übernommen werden. Da jedoch nicht bekannt ist, welches der relevante Abstand ist (z.B. Abstand zu einem benachbarten Haus, bestimmte Höhe über dem Boden, etc.) kann der relevante Abstand zu einem bestimmten Punkt mit dem Maßband-Werkzeug (siehe unten) bestimmt werden und mit dem rechten **Übernehmen** Button in das Formular eingetragen werden.

Zur Information wird in der oberen Menüleiste des Dialoges nochmals die aktive Antenne (hier Antenne A) angezeigt.

**Wichtig:** Ist das Berechnungsgebiet zu klein, so dass der Schutzbereich nicht vollständig angezeigt wird, kann der Schutzabstand nicht übernommen werden. In diesem Fall muss die Größe des Berechnungsgebietes vergrößert werden und die Berechnung erneut gestartet werden. Dies ist insbesondere bei nicht zusammenhängenden Schutzbereichen zu beachten.

Der berechnete Schutzbereich kann nun mit **Bild speichern** als Bild (\*.png, \*.gif) gespeichert und später beispielsweise in eine elektronische Form des Grundstücksplanes eingebunden werden.

Weitere Antennen können mit **Antenne hinzufügen** berechnet werden, die Vorgehensweise ist analog.

Ein Beispiel ist in der folgenden Abbildung zu sehen.

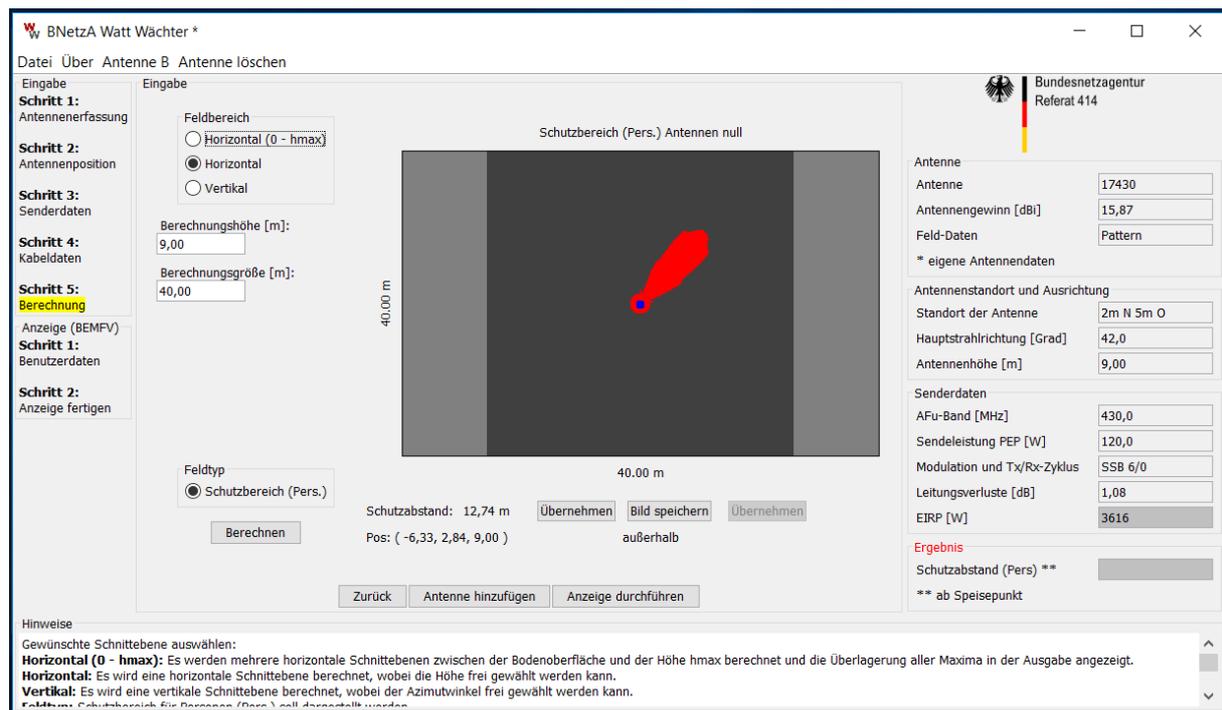


Bild 4.7: Schutzbereich der zweiten Antenne

Bild 4.7 zeigt den Schutzbereich einer zweiten Antenne des Typs CUEDEE 17430. In der rechten Spalte erkennt man, dass diese Antenne um 2 m nach Nord und 5 m nach Ost, bezogen auf die erste Antenne, verschoben ist. Der Schutzbereich wird für diejenige Antenne berechnet, die in der oberen Menüleiste mit den Knöpfen ausgewählt wurde.

Sind die Schutzbereiche für alle gewünschten Anlagenkonfigurationen berechnet, mit **Weiter** fortfahren.

**Hinweis:** Im Assistentenmodus können Antennen nicht überlagert werden. Es wird der Schutzbereich der ausgewählten Antenne angezeigt.

**Hinweis:** Um die Schutzabstände mit Programmen wie WATT32 vergleichen zu können, muss die Definition des Schutzabstandes beachtet werden. WATT32 berechnet den Schutzabstand vom äußersten Punkt der Antenne, Watt-Wächter berechnet einen dreidimensionalen Schutzbereich, der nicht mit einer einzelnen Zahl wie dem Schutzabstand erfasst werden kann. Jedoch kann eine Schnittebene durch die Antenne hindurch gelegt werden und die maximale Ausdehnung des Schutzbereiches in dieser Ebene bestimmt werden. Hiervon muss nun die Antennenabmes-

sung abgezogen werden, um den Schutzabstand zu erhalten, wie er in WATT32 definiert ist. Dies ist allerdings nur mit Antennen möglich, die mit NEC modelliert wurden, da weder bei Pattern-Daten noch bei isotropen Daten die Geometrie der Antenne bekannt ist. In diesen Fällen kann der berechnete Wert nicht mit WATT32 verglichen werden.

#### **4.5.1. Verwendung des Maßband-Werkzeuges**

Wie in Bild 4.7 zu sehen ist, wird die aktuelle Position des Mauszeigers angezeigt (Pos. 13,35, 6,60, 9,00). Zusätzlich besteht die Möglichkeit, mit Hilfe des Mauszeigers Abstände und Winkel zu beliebigen Punkten zu bestimmen. Hierzu wird der Cursor **bei gedrückter linker Maustaste** vom Startpunkt zum Zielpunkt bewegt. Nach Loslassen der Maustaste werden die Distanz und der Winkel zwischen den beiden Punkten unten am Bildrand angezeigt. Dieser Wert kann durch **Übernehmen** in die Tabelle übernommen werden. Die Angabe dieses Wertes ist sinnvoll, wenn der Schutzabstand in einer bestimmten Richtung angegeben werden soll.

## 4.6. Ende der Berechnungen und Speichern der Anlagenkonfiguration

Mit dem Menüpunkt *Datei* → *Speichern als...* kann die aktuelle Anlagenkonfiguration gespeichert werden und später jederzeit mit *Datei* → *Öffnen...* erneut bearbeitet werden. Die Datei muss im Wattwächter-Programm geöffnet werden.

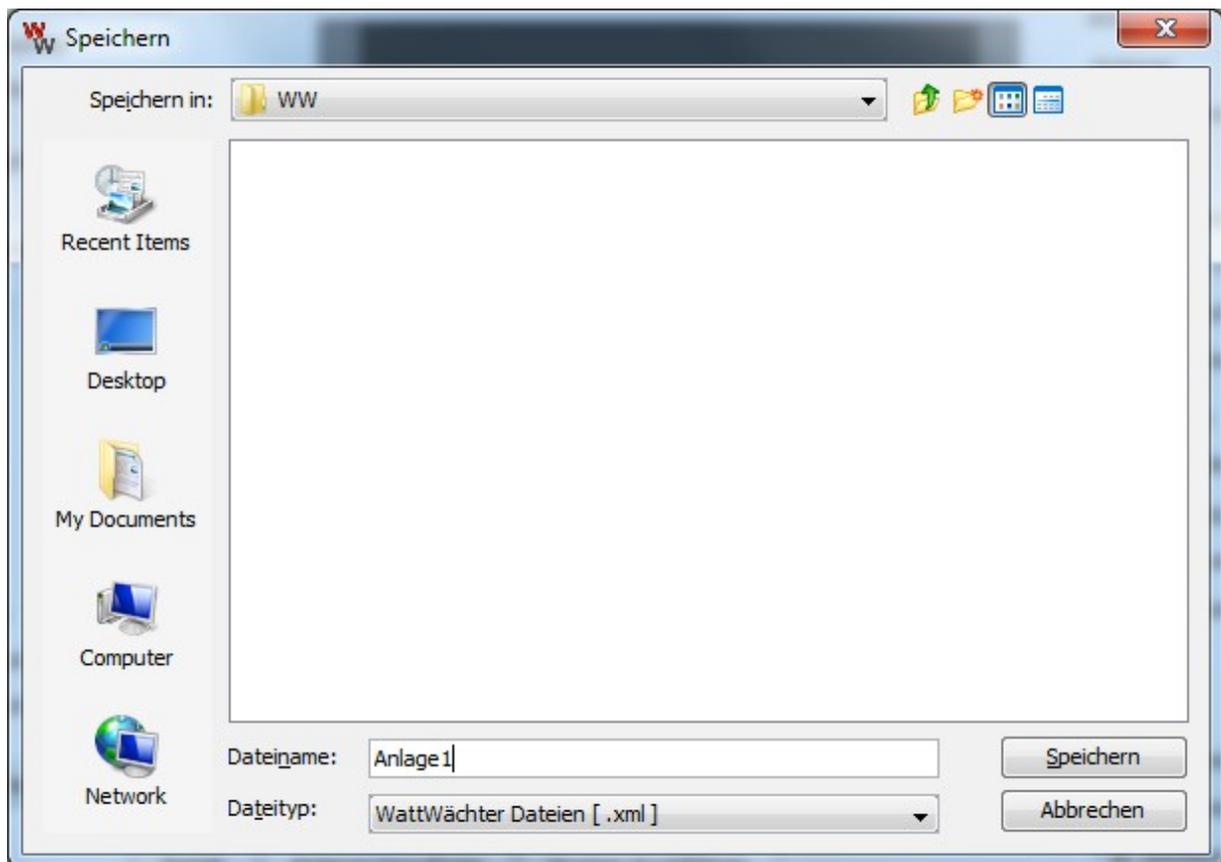


Bild 4.8: Dialog zum Speichern der Anlagenkonfiguration

## 5 Anleitung für den erweiterten Modus

Beim Starten des erweiterten Modus erscheint das Hauptfenster (siehe Bild 5.1).

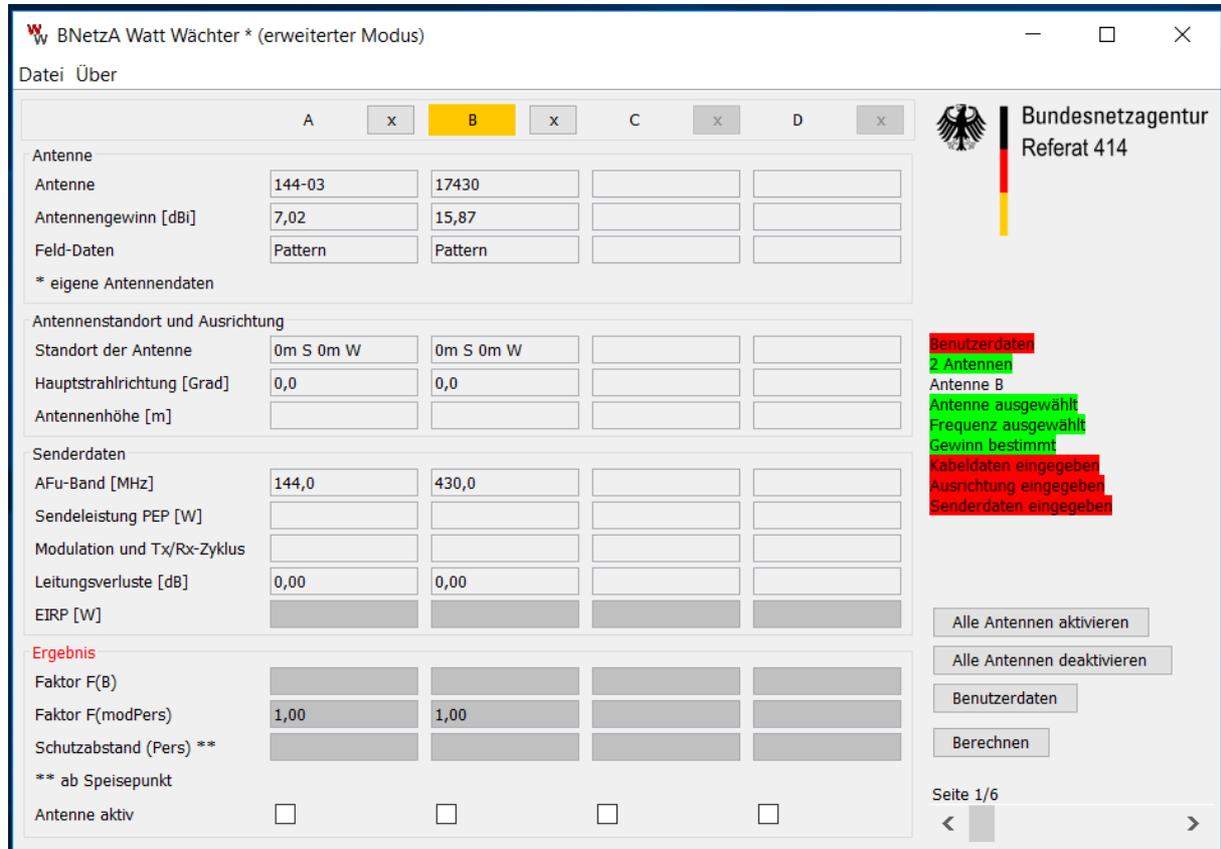


Bild 5.1: Hauptfenster im erweiterten Modus

### 5.1. Eingabe der Anlagenkonfiguration

Es können insgesamt 24 Anlagenkonfigurationen eingegeben werden. Diese sind in die Spalten **A** – **X** einzutragen. Mit dem **Rollbalken** unten rechts können die verschiedenen Spalten durchgeblättert werden. Ein Klick in eines der Felder öffnet den entsprechenden Dialog.

Grau hinterlegte Felder sind Ergebnisfelder, die nach der Berechnung ausgefüllt werden, diese können nicht editiert werden.

Das Ausfüllen der Spalten geschieht zweckmäßigerweise von oben nach unten.

### 5.1.1. Antenne

Klicken in eines der Felder *Antenne*, *Antennengewinn*, *Winkeldämpfungsdaten* öffnet das Dialogfeld Antenne:

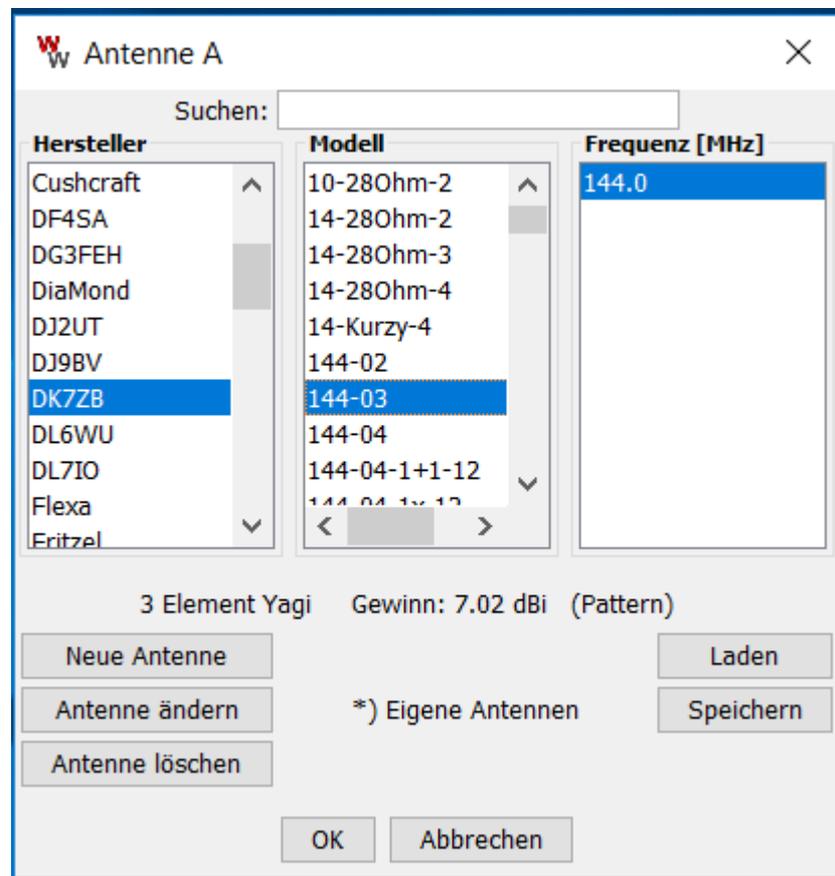


Bild 5.2: Antennenauswahlmenü

Hier wird die entsprechende Antenne ausgewählt. Die Auswahl und Bezeichnung der Antennen erfolgt analog zum Assistentenmodus, siehe hierzu auch die Hinweise in Kap. 4.1.

### 5.1.2. Neue Antenne hinzufügen oder vorhandene Antenne editieren

Falls die benötigte Antenne nicht vorhanden ist, können mit einem Klick auf **Neue Antenne** neue Antennen eingegeben werden. Mit **Antenne ändern** können vorhandene Antennen editiert oder mit **Antenne löschen** vorhandene Antennen gelöscht werden.

Mit **Neue Antenne** öffnet sich ein Dialogfeld, bei dem die neue Antenne eingegeben werden kann.

Hier wird Hersteller und Antennentyp eingegeben (Yagi, Colinear, u.s.w.). Dabei erscheint nach Auswahl des Antennentyps eine Skizze.

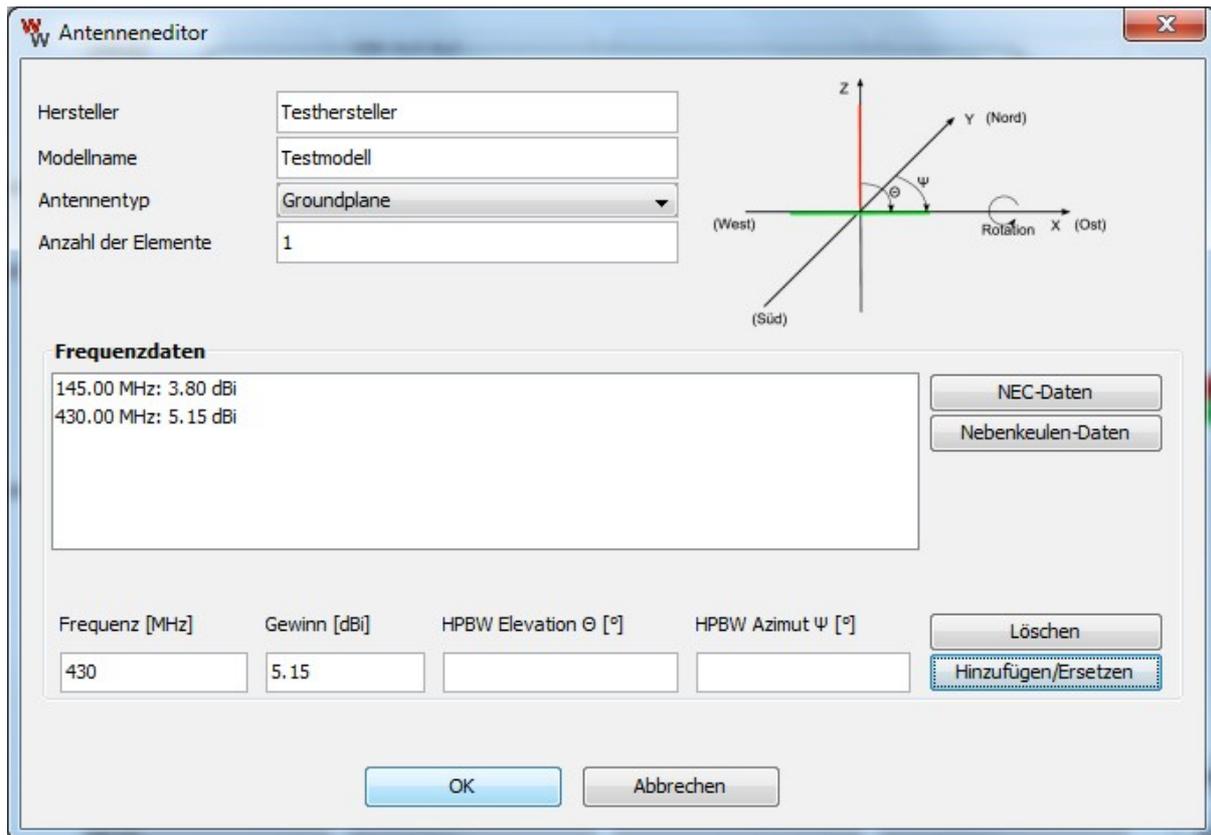


Bild 5.3: Dialog zur Eingabe einer neuen Antenne

Zur Eingabe einer neuen Antenne Hersteller, Modellname und Antennentyp mit Anzahl der Elemente eingeben. Anschließend Frequenz und Gewinn eingeben und mit **Hinzufügen/Ersetzen** übernehmen. Auf diese Weise können mehrere Frequenz-Gewinn-Kombinationen eingegeben werden, z.B. bei Mehrbandantennen.

Bei dem gezeigten Beispiel wird angenommen, dass nur der Gewinn bekannt ist. In diesem Fall wird der Gewinn isotrop angenommen, d.h. in alle Raumrichtungen gleich. Es handelt sich somit um eine worst-case-Abschätzung, die einen maximalen Schutzbereich ergibt.

Je mehr Daten der Antenne bekannt sind, desto genauer kann die Modellierung erfolgen und desto genauer ist die Angabe des Schutzbereiches.

Der Dialog wird mit **Speichern** geschlossen und die Daten werden in die Tabelle des Hauptfensters übernommen. Eigene Antennen können im Ordner *UserData* gespeichert werden. Bei einem Neustart werden die Antennen aus dem Ordner *UserData* geladen.

### 5.1.3. Weitere Eingabemöglichkeit der Antennendaten

#### NEC-Daten

Diese Antennenbeschreibung erlaubt die höchste Genauigkeit der Schutzbereichsberechnung, da bei vorhandenen NEC-Antennendaten sowohl die Fernfelder, als auch die Nahfelder berücksichtigt werden können.

Klicken auf **NEC-Daten** öffnet ein Auswahlménü, in dem die entsprechenden Daten ausgewählt werden können. Hier bitte das entsprechende Verzeichnis auswählen, in dem die vorhandenen NEC-Daten zu finden sind.

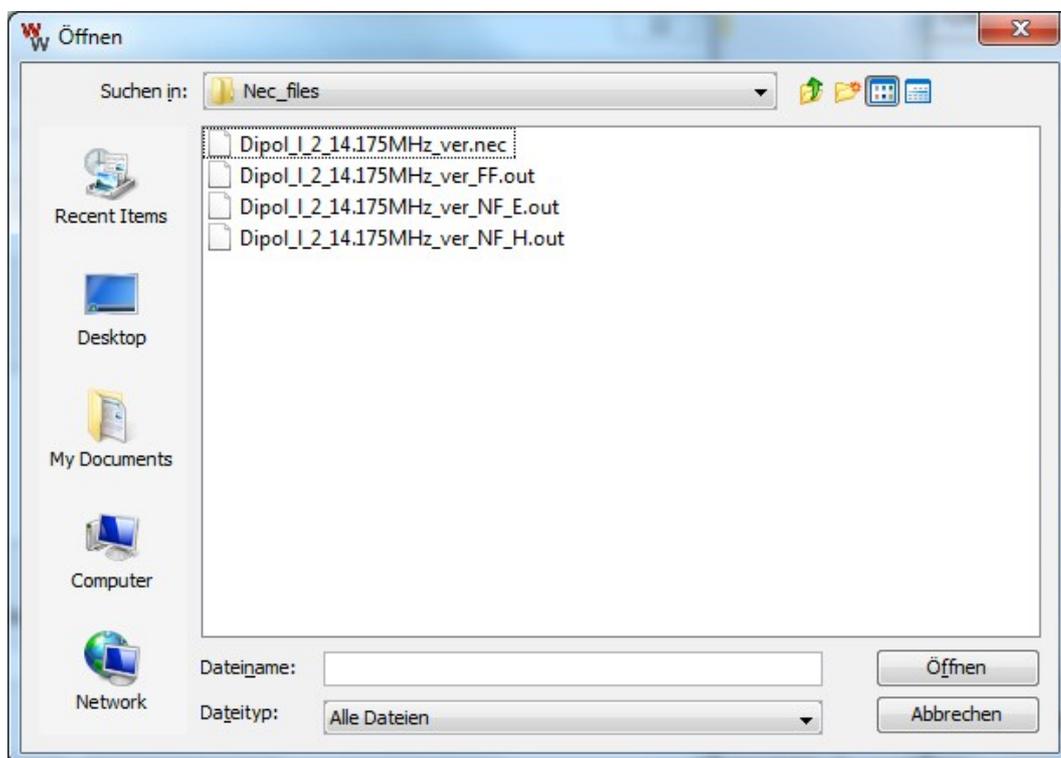


Bild 5.4: Auswahldialog für NEC-Daten

Die NEC-Dateinamen haben hierbei die Struktur *Antennentyp\_Frequenz\_FF.out*, *Antennentyp\_Frequenz\_NF\_E.out*, *Antennentyp\_Frequenz\_NF\_H.out*, wobei FF, NF\_E, NF\_H für Fernfeld, Nahfeld elektrisch und Nahfeld magnetisch steht. Welche der Dateien ausgewählt wird, ist nicht entscheidend, da automatisch alle vorhandenen Dateien für diese Antenne eingelesen werden.

Mit **Öffnen** werden die Antennen übernommen und im Antenneneditor-Dialog angezeigt.

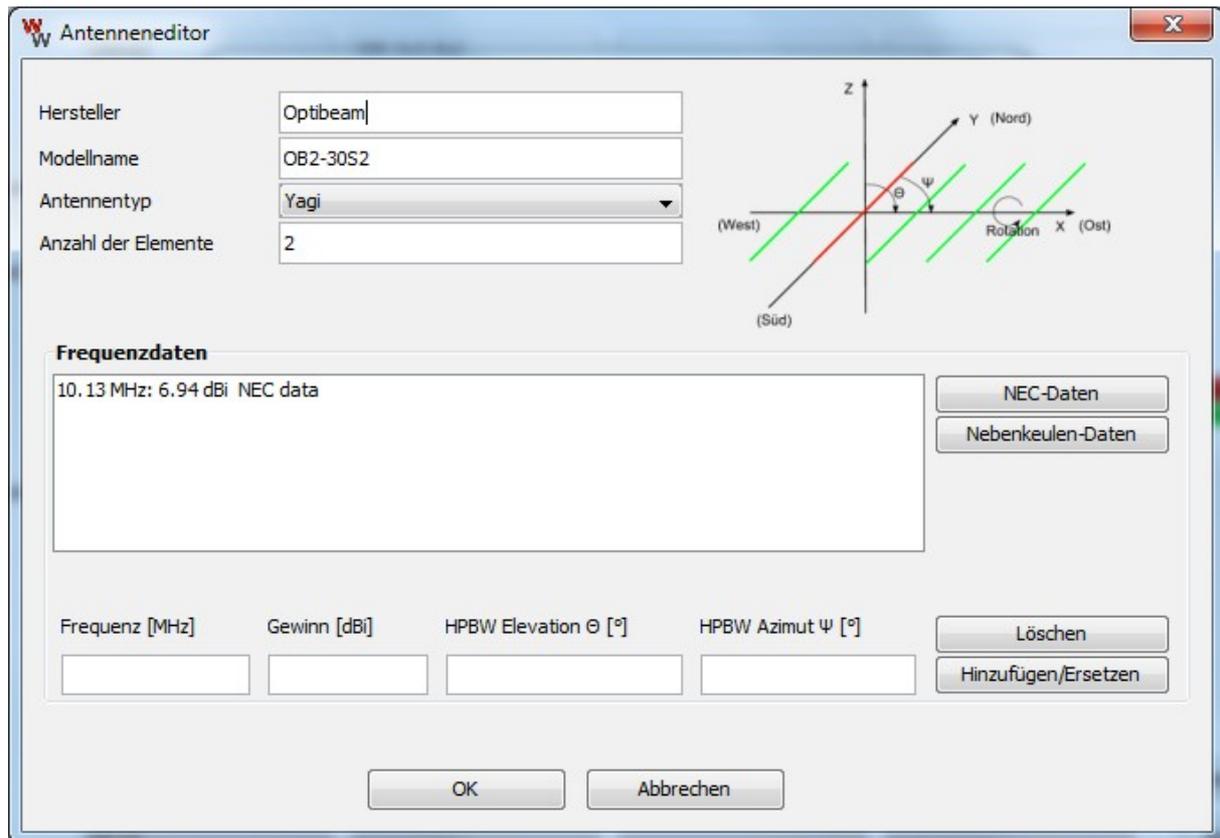


Bild 5.5: Antenneneditor mit ausgewählter Antenne mit NEC-Daten

Mit **OK** werden diese Daten in die entsprechenden Felder übernommen. Im erscheinenden Dialog die Angaben nochmals bestätigen und mit **OK** übernehmen. Eigene Antennen können im Ordner *UserData* gespeichert werden. Bei einem Neustart werden die Antennen aus dem Ordner *UserData* geladen.

**Hinweis:** Es besteht ebenfalls die Möglichkeit, dass NEC-Daten den Boden bereits berücksichtigen. In diesem Fall ist die Auswahlmöglichkeit der Antennenausrichtung eingeschränkt, insbesondere kann die Höhe der Antenne nicht mehr verändert werden, da diese bereits in die NEC-Berechnung eingeflossen ist. Eine Drehung der Antenne im Azimut ist weiterhin möglich, eine Drehung in Elevation kann nicht mehr erfolgen.

Kapitel 7 beschreibt das Erstellen eigener Antennendaten mit NEC2.

## Gewinn und Nebenkeulen-Daten

Sind keine NEC-Daten vorhanden, besteht die Möglichkeit, Gewinn und Winkel-dämpfungen der Antenne einzugeben bzw. zu editieren. Hierbei werden die Betriebsfrequenz der Antenne und der Gewinn in die jeweiligen Felder eingegeben. Der Button **Nebenkeulen-Daten** öffnet den entsprechenden Dialog zur Eingabe der Nebenkeulendämpfungen.

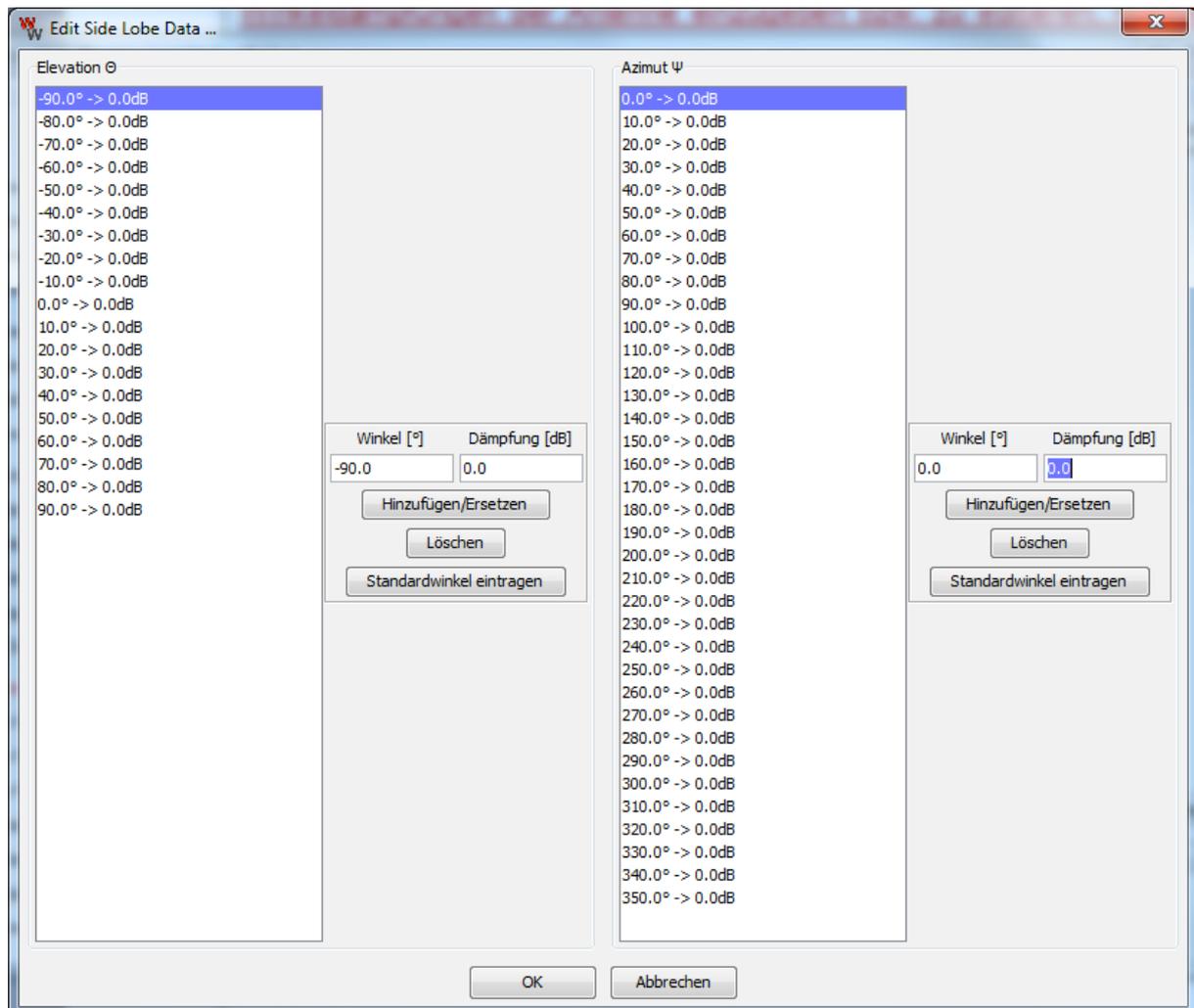


Bild 5.6: Nebenkeulendialog

Hier können für die Azimut- und die Elevationsebene beliebige Winkel-Dämpfungskombinationen eingegeben werden. Mit **Standardwinkel eintragen** wird automatisch ein Inkrement von 10° angenommen. Diese Dämpfungswerte können beliebig editiert werden mit **Hinzufügen/Ersetzen**.

Anhand der eingegebenen Werte wird eine dreidimensionale Charakteristik durch Multiplikation der beiden Ebenen errechnet. Die eingegebenen Stützstellen werden interpoliert.

## Gewinn und Halbwertsbreiten (HPBW)

Sind weder NEC-Daten noch Nebenkeulendaten vorhanden, besteht die Möglichkeit, Gewinn und Halbwertsbreiten einzugeben, aus denen dann eine dreidimensionale Richtcharakteristik angenähert wird. Die Richtcharakteristik entspricht dann einer  $\cos^n$ -Belegung. Sie hat keine Nebenkeulen und strahlt nur in einen Halbraum.

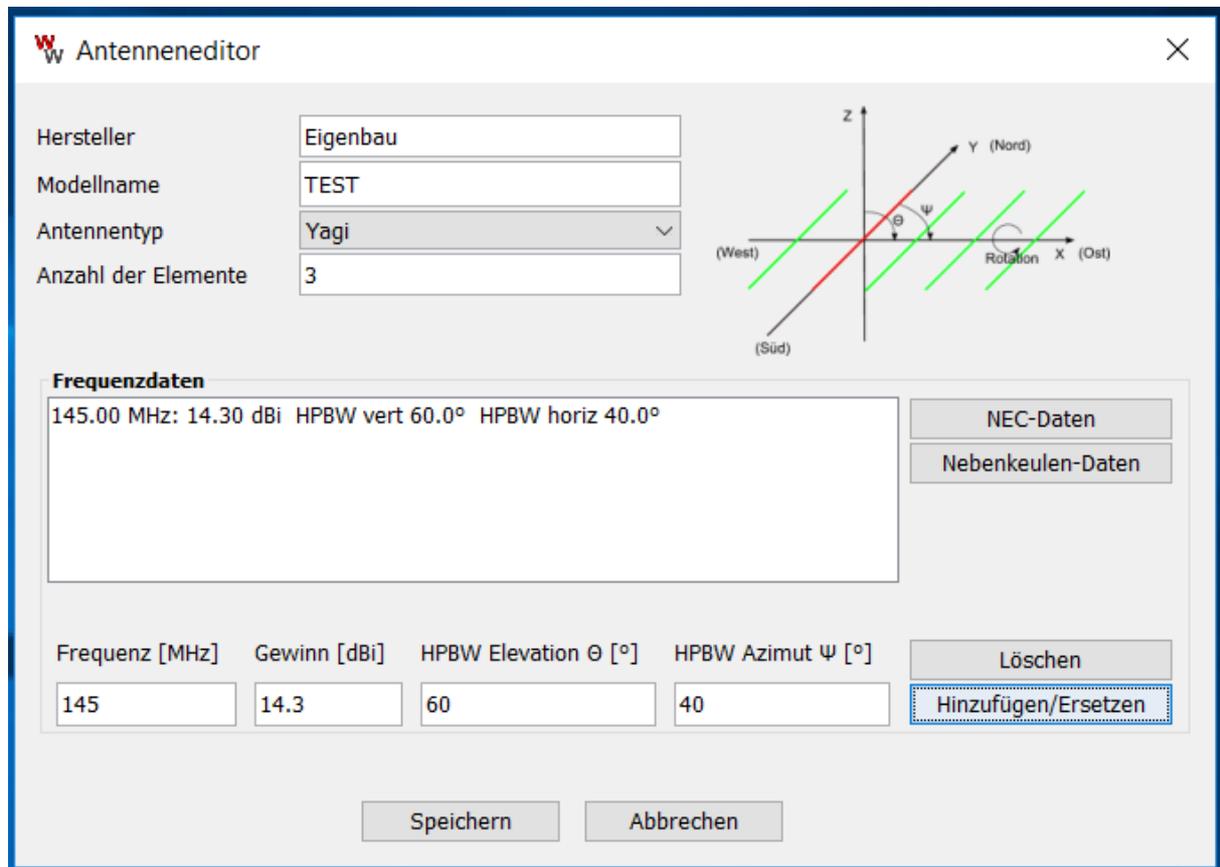


Bild 5.7: Eingabe von Gewinn und Halbwertsbreiten

Die eingegebenen Werte werden mit **Hinzufügen/Ersetzen** in die Frequenzdatenliste eingetragen. Mit **Speichern** werden diese Daten in die entsprechenden Felder übernommen. Im erscheinenden Dialog die Angaben nochmals bestätigen und mit **OK** übernehmen. Eigene Antennen können im Ordner *UserData* gespeichert werden. Bei einem Neustart werden die Antennen aus dem Ordner *UserData* geladen.

## **Gewinn**

Ist nur der Gewinn bekannt, wird eine worst-case-Betrachtung vorgenommen, und die Antenne wird als isotroper Strahler mit dem gegebenen Gewinn angenommen.

Im Falle der Modellierung über Nebenkeulendämpfungen, Halbwertsbreiten oder Gewinn sind keine Nahfeldinformationen vorhanden. In diesem Fall wird die Nahfeldabschätzung anhand eines isotropen (elektrischen) Strahlers mit dem angegebenen Gewinn durchgeführt.

Sind bereits Antennen in der Liste vorhanden, können diese mit **Antenne ändern** editiert oder mit **Antenne löschen** gelöscht werden, siehe hierzu Bild 5.2.

Mit **Laden** können weitere Antennendaten, die von der BNetzA oder von anderen Funkamateuren bereitgestellt werden, in die vorhandene Liste importiert werden. Bei einem Neustart werden die Antennen aus dem Ordner *UserData* geladen.

Über **Speichern** werden alle eigenen Antennen in der Liste in eine XML-Datei geschrieben. Ist bereits eine Antennenauswahl vorhanden, d.h. besteht bereits eine XML-Datei, kann diese ebenfalls über den Button **Laden** eingelesen werden. Die dort enthaltenen Antennendaten werden dann in dem Dialog angezeigt.

### 5.1.4. Eingabe der Standortdaten

Klicken in eines der Felder *Standort der Antenne*, *Antennenhöhe [m]* und *Hauptstrahlrichtung [Grad]*, um das Dialogfeld zur Eingabe der Standortdaten der Antenne zu öffnen.

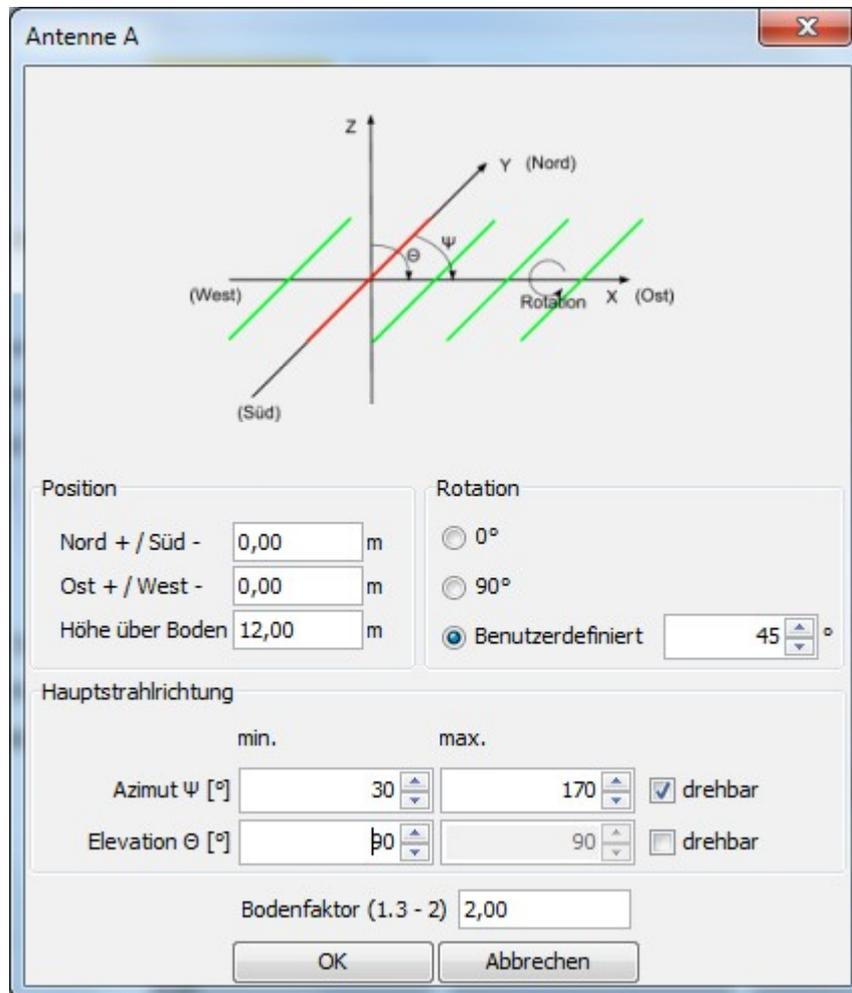


Bild 5.8: Standort-Dialog

Die Angabe der *Position* ist relativ auf die Position bezogen, die im Benutzerdaten-Dialog eingegeben wird (WGS84), falls der Benutzer sich entschließt seine Antennenkonfiguration nach BEMFV anzuzeigen. Es wird empfohlen, als Referenzposition die erste Antenne anzugeben, d.h. für nur eine Antenne die Werte 0 m und 0 m anzugeben.

Bei mehreren Antennen wird dann die Verschiebung der weiteren Antennen, bezogen auf die erste Antenne angegeben.

Bei bekannten Antennentypen wird eine Skizze der ausgewählten Antennenklasse angezeigt, um die Positionen und Winkel zu veranschaulichen, die eingestellt werden können.

**Höhe** der Antenne ist die Höhe des Einspeisepunktes der Antenne über dem Erdboden.

Die **Hauptstrahlrichtung** der Antenne kann sowohl fest, als auch variabel gewählt werden. Variabel bedeutet in diesem Fall, dass die Antenne dreh- oder schwenkbar ist. Dann muss der Auswahl-Button **drehbar** aktiviert werden und der entsprechende Winkelbereich eingetragen werden. Der Winkel in **Azimuth** wird mit  $\Psi$  (Psi) bezeichnet, wobei  $0^\circ$  Nordrichtung darstellen und der Winkel von der  $y$ -Achse beginnend mit dem Uhrzeigersinn positiv gezählt wird, d.h.  $90^\circ$  entsprechen Ost,  $180^\circ$  entsprechen Süd und  $270^\circ$  entsprechen West. Im obigen Beispiel kann die Antenne im Azimutbereich von  $30^\circ$  bis  $170^\circ$  gedreht werden (von Nordost über Osten bis annähernd nach Süden), die Elevation ist fest zu  $90^\circ$  gewählt.

**Hinweis:** Die Illustrationen der Antennen in dem Dialogbereich beziehen sich dabei auf die Position  $\Psi = 90^\circ$ . Für  $\Psi = 0^\circ$  liegt die Langdrahtantenne oder der Boom einer Yagi-Antenne auf der  $y$ -Achse (Richtung Norden), ein Dipol entlang der  $x$ -Achse und eine Loop-Antenne in der  $y$ - $z$ -Ebene. Die Lage einiger häufig verwendeten Antennen bei verschiedenen Drehwinkeln ist im Bild 8 gezeigt.

**Hinweis:** Antennen mit Radials, die als NEC-Daten vorliegen sind rotations-symmetrisch modelliert. Damit beschreibt der maximale Schutzabstand in der Azimutebene einen horizontalen Kreis um die Antenne. Siehe hierzu auch Kapitel "Besonderheiten bei speziellen Antennen".

**Hinweis:** Bei asymmetrisch gespeisten Drahtantennen (z.B. FD4) wird zusätzlich in dem Antennenerfassungsdialog eine Information über das Längenverhältnis (z.B.  $2/3 + Y$ ) angegeben. Diese Information bezieht sich auf die in der Illustration gezeigte Lage der Antenne. In dem Fall wird die Antenne entlang der  $y$ -Achse angezeigt, der längere Arm der Antenne wird in positive  $y$ -Richtung orientiert. Für  $\Psi = 0^\circ$  liegt dann der längere Arm in  $x$ -Richtung.

Der **Elevationswinkel** ist mit  $\theta$  (Theta) bezeichnet und wird von der  $z$ -Achse nach unten positiv gezählt, d.h.  $0^\circ$  entspricht einer Ausrichtung entlang der  $z$ -Achse nach oben,  $90^\circ$  entsprechen einer Ausrichtung parallel zum Boden.

**Hinweis:** Die Elevationsdrehung wird aus dem Azimut-Winkel  $\Psi = 90^\circ$  heraus durchgeführt (entspricht der Antennenillustrationen), d.h. bei der Elevationsdrehung

wird eine Yagi-, Loop-, Groundplane- oder Langdrahtantenne aus der im Bild gezeigten Position nach oben/unten geneigt. Bei einem Dipol bewirkt die Elevationsdrehung keinen Unterschied, da die Antenne bei der Drehung um y-Achse rotationssymmetrisch ausfällt. Um einen Dipol aus der x-y-Ebene heraus zu drehen muss die Funktion **Rotation** verwendet werden.

Wurden NEC-Antennen mit **Bodeneinfluss** berechnet, können die Werte für Höhe, Elevationswinkel und Rotation nicht mehr eingegeben werden, da diese bereits in der NEC-Berechnung berücksichtigt wurden und die Ergebnisse nur für die berechnete Position und Ausrichtung der Antenne gültig sind. In der Berechnung des Schutzabstandes wird dann kein Bodeneinfluss mehr berücksichtigt.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Antenne um die Antennenlängsachse zu rotieren. Diese **Rotation** kann beliebig gewählt werden. Eine Rotation von 0° bedeutet, die Elemente der Yagi-Antenne sind parallel zum Boden ausgerichtet, bei 90° senkrecht zum Boden. Die positive Richtung der Rotation entspricht der "Rechten-Hand-Regel".

Der **Bodenfaktor** gibt an, wie stark die elektromagnetische Welle am Boden reflektiert wird. Er hängt ab von der Beschaffenheit und dem Feuchtegehalt des Untergrundes. Er kann im Bereich von 1,3 (z.B. trockener Grasboden) bis 2,0 (z.B. Betonboden mit einer Wasserschicht) variiert werden.

**Hinweis:** Es wird ausdrücklich empfohlen, den voreingestellten Wert (2,0) nicht zu verändern, da er maßgeblich in die Bestimmung des Schutzbereiches eingeht.

Eingaben mit **OK** bestätigen.

### 5.1.5. Senderdaten

Eingabe der verwendeten Modulationsart und des zeitlichen Verhältnisses von Senden zu Empfangen. Über dieses 6 min Intervall wird zur Ermittlung des Personenschutzgrenzwertes gemittelt.

Klicken in eines der Felder *Sendeleistung (PEP)* oder *Modulation und Tx/Rx-Zyklus*, damit sich das Dialogfeld zur Eingabe öffnet.

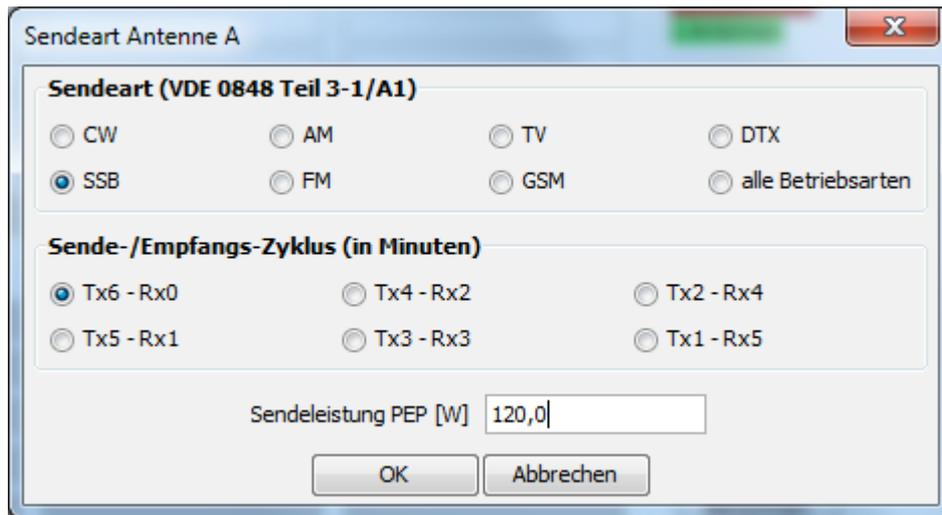


Bild 5.9: Senderdaten

#### **Sendeart**

Hier wird die verwendete Modulationsart ausgewählt. Wird *alle Betriebsarten* gewählt, wird die zur Berechnung des Schutzabstands ungünstigste Modulationsart betrachtet (worst-case).

#### **Sende-/Empfangs-Zyklus**

Tx6 – Rx0 bedeutet 6 min Senden, 0 min Empfangen (worst-case)

Tx1 – Rx5 bedeutet 1 min Senden, 5 min Empfangen

#### **Sendeleistung PEP[W]**

Eingabe der Sendeleistung (PEP) in Watt Nach Eingabe der Daten mit **OK** bestätigen.

### 5.1.6. Kabeldaten

Klicken in dieses Feld öffnet den *Leitungsverlust (dB)*.

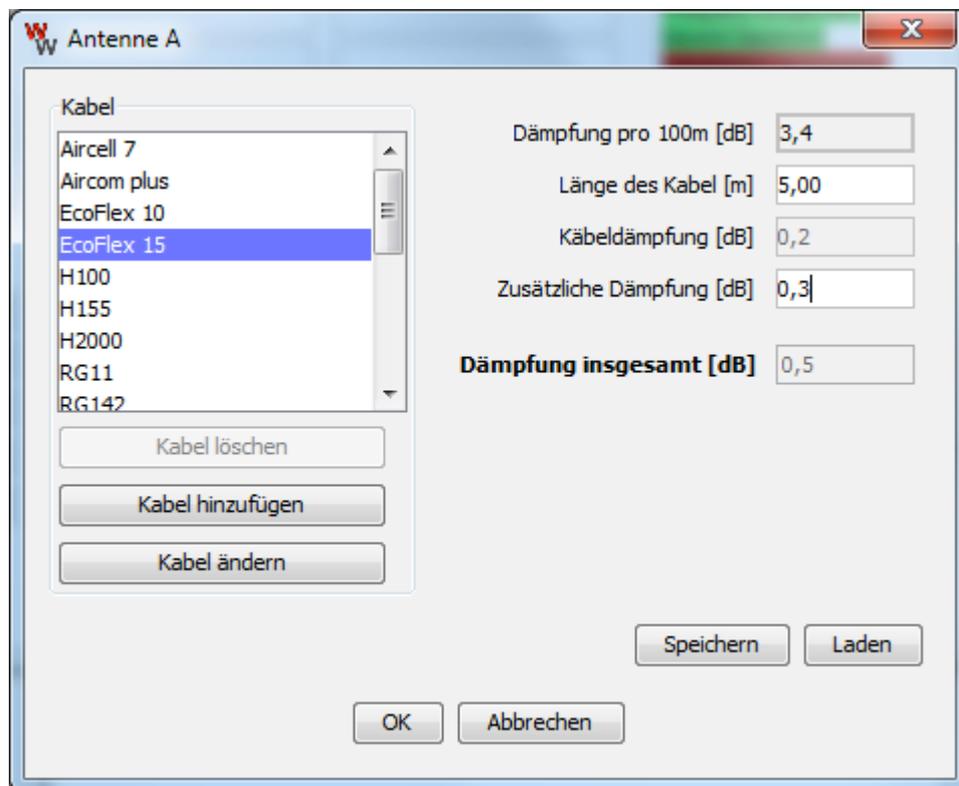


Bild 5.10: Kabeldialog

Hier kann aus einer bestehenden Kabelauswahl das entsprechende ausgewählt werden. Die Auswahl des Kabeltyps bestimmt den frequenzabhängigen Dämpfungsbelag. Auszufüllen ist das Feld *Länge*, welche zusammen mit dem Dämpfungsbelag die resultierende Dämpfung des Kabels bei der Betriebsfrequenz bestimmt. Nach Eingabe der Leitungslänge kann eine *zusätzliche Dämpfung* für Stecker o.ä. angegeben werden. Sind alle Angaben gemacht, wird die gesamte Leitungsdämpfung berechnet.

Diese kann mit **OK** in das Hauptfenster übernommen werden.

Wie beim Antenneneditor besteht auch hier die Möglichkeit eigene Kabel anzulegen. Dies geschieht über den Button **Kabel hinzufügen**.

Mit **Laden** wird die Liste der eigenen Kabel (XML-Datei) geladen, mit **Speichern** können editierte Kabel oder neue Kabel in die XML-Datei geschrieben werden.

## 5.2. Berechnung

Sind die Daten für die Anlagenkonfigurationen eingegeben, kann mit der Berechnung begonnen werden.

The screenshot shows the 'BNetzA Watt Wächter' software interface in 'erweiterter Modus'. The window title is 'BNetzA Watt Wächter \* (erweiterter Modus)'. The interface is divided into several sections:

- Antenne:** A table with columns A, B, C, and D. The 'Antenne' field is highlighted in yellow. The data for column C is: Antenne: OB2-30S2, Antennengewinn [dBi]: 6,94, Feld-Daten: NEC.
- Antennenstandort und Ausrichtung:** Fields for Standort der Antenne (0m S 0m W), Hauptstrahlrichtung [Grad] (0,0), and Antennenhöhe [m] (12,00).
- Senderdaten:** Fields for AFU-Band [MHz] (144,0), Sendeleistung PEP [W] (100,0), Modulation und Tx/Rx-Zyklus (SSB 6/0), Leitungsverluste [dB] (1,48), and EIRP [W] (358).
- Ergebnis:** Fields for Faktor F(B) (1,00), Faktor F(modPers) (1,00), and Schutzabstand (Pers) (\*\*).
- Antenne aktiv:** Checkboxes for each antenna, with the checkbox for 'C' checked.

On the right side, there is a logo for 'Bundesnetzagentur Referat 414' and a status bar with the following text: 'Benutzerdaten', '3 Antennen', 'Antenne C', 'Antenne ausgewählt', 'Frequenz ausgewählt', 'Gewinn bestimmt', 'Kabeldaten eingegeben', 'Ausrichtung eingegeben', 'Senderdaten eingegeben'. Below this are buttons: 'Alle Antennen aktivieren', 'Alle Antennen deaktivieren', 'Benutzerdaten', 'Berechnen', and 'Seite 1/6'.

Bild 5.11: Eingegebene Stationsdaten (Beispiel)

Es ist zu beachten, dass das **Antenne aktiv** Häkchen bei der Antenne, die berechnet werden soll, gesetzt ist. Sind mehrere Antennen aktiv, wird die Überlagerung der Felder der aktiven Antennen berechnet und der daraus resultierende Schutzabstand. Mit *Alle Antennen aktivieren* sind alle eingetragenen Antennen aktiv.

Mit *Alle eingetragenen Antennen deaktivieren* sind alle eingetragenen Antennen nicht aktiv.

Das **Löschen einzelner Spalten** erfolgt durch Klicken auf **X**, rechts neben dem Buchstaben der betreffenden Spalte. **Kopieren einzelner Spalten** erfolgt mit **Doppelklick** auf den Spaltenbuchstaben.

Das **Speichern des Formulars** erfolgt über *Datei* → *Speichern* / *Speichern unter*, bestehende Daten können mit *Datei* → *Öffnen* eingelesen werden.

Die Berechnung wird mit **Berechnen** gestartet, es erscheint folgender Dialog:

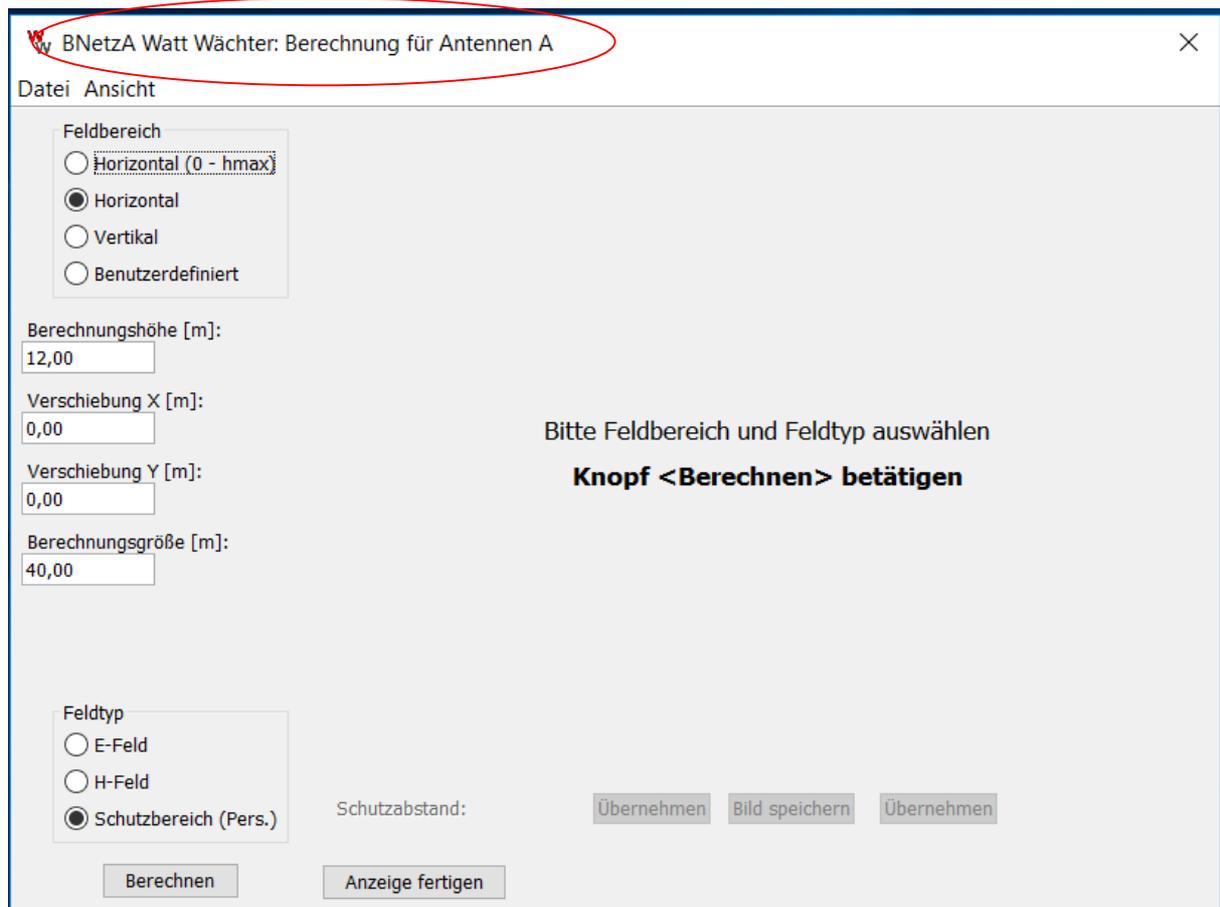


Bild 5.12: Startdialog nach Drücken des Buttons **Berechnen**

Die aktiven Antennen stehen in der Titelleiste.

Bitte Feldbereich und Feldtyp auswählen und mit **Berechnen** bestätigen. Danach Button **Übernehmen** auf der linken Seite des Bildes betätigen. Damit wird der berechnete Schutzabstand übernommen. Mit dem rechten **Übernehmen** Button kann ein Schutzabstand individuell übernommen werden.

**Hinweis:** Kapitel 5.3.3. beschreibt die Verwendung des Maßband-Werkeuges

## 5.2.1. Darstellungsmöglichkeiten

### Feldbereich:

Auswahl der Schnittebenen

### Horizontal (0 - hmax):

Es werden mehrere horizontale Schnittebenen zwischen der Bodenoberfläche und der Höhe hmax berechnet und die Überlagerung aller Maxima in der Ausgabe angezeigt. Die maximale Höhe hmax kann variabel eingegeben werden. Diese Einstellung liefert

den Schutzbereich im zugänglichen Bereich.

**Hinweis:** Diese Methode erfordert die höchste Rechenzeit, da hier mehrere horizontale Schnittebenen berechnet werden. Für überschlägige Berechnungen wird der Feldbereich *Horizontal* empfohlen, der nur einen in der Höhe einstellbaren Horizontalschnitt berechnet.

**Horizontal:**

Es wird eine horizontale Schnittebene berechnet, wobei die Höhe frei gewählt werden kann.

**Vertikal:**

Es wird eine vertikale Schnittebene berechnet, wobei der Azimutwinkel frei gewählt werden kann.

**Benutzerdefiniert:**

Es kann eine beliebige Ebene im Raum dargestellt werden.

**Verschiebung X, Verschiebung Y:**

Gibt die Lage der Antenne in der Ebene an. Standardmäßig ist jeweils 0 m als Verschiebung voreingestellt, d.h. die Antenne befindet sich im Mittelpunkt der angezeigten Ebene. Andere Werte verschieben den Ausschnitt in die entsprechende Richtung, positive x-Werte nach rechts, positive y-Werte nach oben.

**Hinweis:** Kapitel 5.3.3. beschreibt die Verwendung des Maßband-Werkeuges

**Größe:**

Hier wird die Kantenlänge der Ebene eingestellt. Standardeinstellung ist 40 m.

**Feldtyp:**

Hier wird ausgewählt, ob das elektrische Feld (**E-Feld**), das magnetische Feld (**H-Feld**) oder der Schutzbereich für Personen (**Pers.**) dargestellt werden soll.

Nach Auswahl der Feldbereiche und des Feldtyps erscheint das Ergebnis durch Druck auf **Berechnen**.

**Hinweis:** In der benutzerdefinierten Schnittebene kann der Schutzabstand nicht automatisch übernommen werden, da nicht bekannt ist, welches der relevante Abstand ist (z.B. Abstand zu einem benachbarten Haus, bestimmte Höhe über dem Boden etc.). Der Abstand zu einem bestimmten Punkt kann jedoch mit dem Maßband-

Werkzeug (siehe unten) in jeder beliebigen Ebene bestimmt werden und dann manuell in das Formular eingetragen werden.

## 5.2.2. Beispiele für die Ausgabe

### 5.2.1.1. Horizontal (0-hmax)

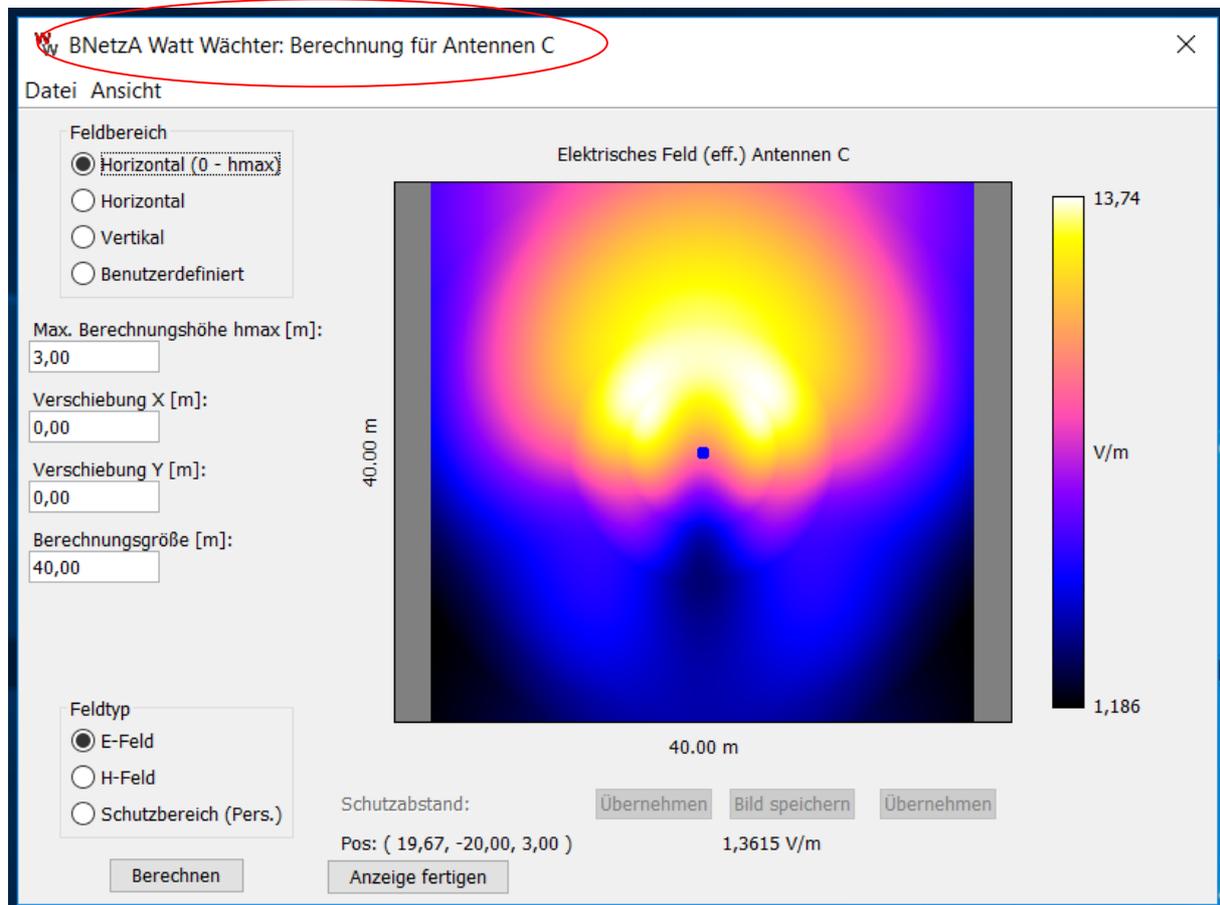


Bild 5.13: Horizontalschnitt (0-hmax)

Gezeigt sind die einzelnen Maximalwerte aller berechneten Ebenen zwischen 0 m und 3 m Höhe des elektrischen Feldes. Die **Verschiebung** beträgt jeweils 0 m, d.h. die Antenne (blauer Punkt) befindet sich in der Mitte der ausgewählten Ebene. Die **Berechnungsgröße** ist mit 40 m angegeben, dies entspricht der Kantenlänge der Schnittebene.

Die **Skalierung** des Feldes erfolgt automatisch, sie kann jedoch über Klicken auf den Maximalwert und den Minimalwert der Skala verändert werden. Standardmäßig werden die Felder auf einer **linearen Skala** angegeben, die Auswahl einer **logarithmischen Skala** ist über *Ansicht* → *Logarithmisch* möglich. Über *Ansicht* lassen sich auch verschiedenen Farbskalen einstellen.

Über *Datei* → *Bild speichern* kann das angezeigte Bild als \*.png gespeichert werden. Wird der **Cursor** innerhalb des Bildes bewegt, lässt sich am unteren Bildrand die **aktuelle Position** des Cursors und die **Feldstärke an dieser Position** ablesen.

Bei der verwendeten Antenne (Optibeam OB2-30S2) handelt es sich um eine Antenne mit Richtwirkung. Dies lässt sich an der gezeigten Darstellung sehr gut erkennen. Die Ausrichtung wurde in Richtung Nord (0°) angegeben.

### 5.2.1.2. Horizontalschnitt in 2,5 m

Der Bildausschnitt in diesem Horizontalschnitt wurde auf 500 m vergrößert. Gleichzeitig ist die Antenne um 100 m in y-Richtung verschoben, so dass die Antenne nun nicht mehr mittig im Bild angezeigt wird. Die Verwendung der logarithmischen Skala erlaubt eine bessere Darstellung der kleinen elektrischen Feldstärken.

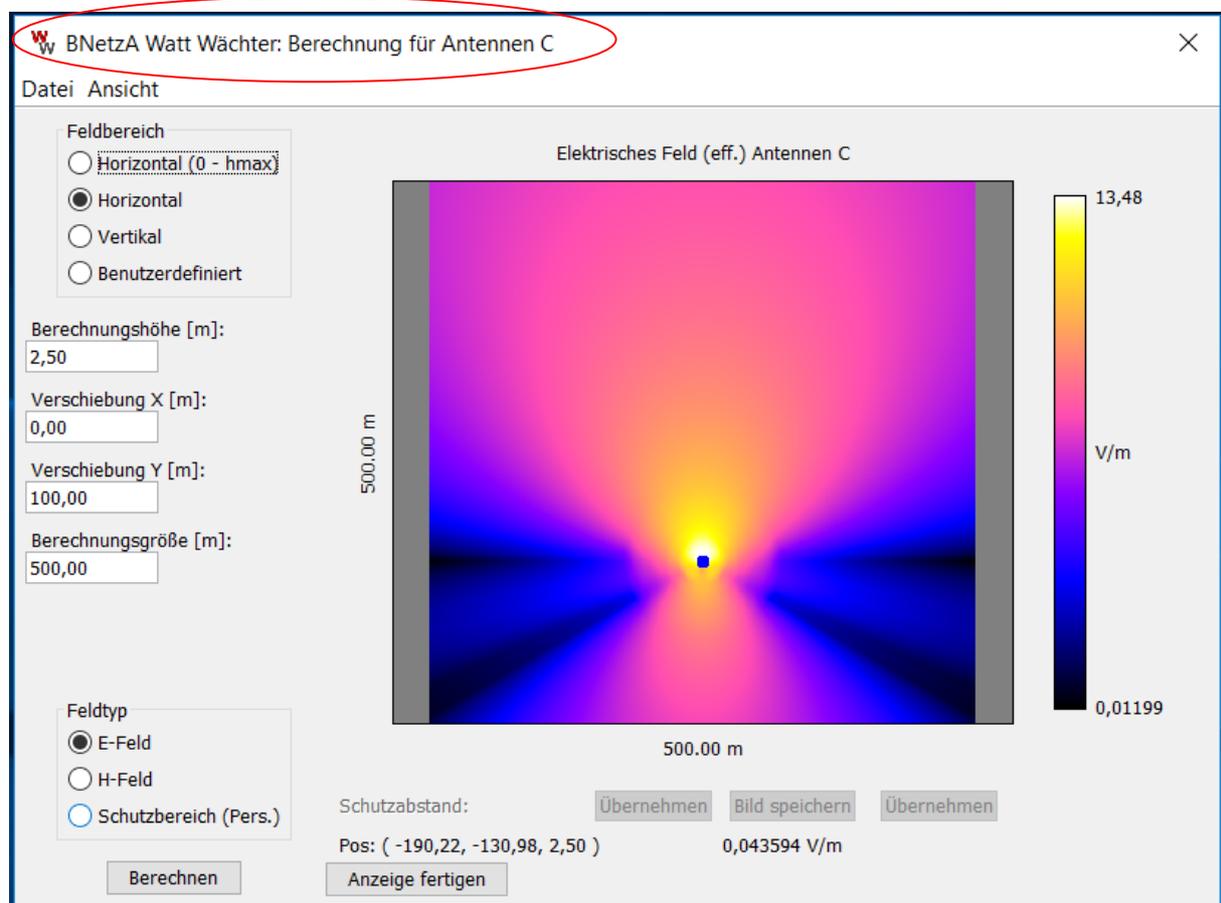


Bild 5.14: Horizontalschnitt in 2,5 m

Gezeigt ist das elektrische Feld auf einer **logarithmischen** Skala in einem Horizontalschnitt in 2,5 m Höhe mit einer Kantenlänge von 500 m (**Größe**). Die **Verschiebung** beträgt 0 m bzw. 100 m.

### 5.2.1.3. Vertikalschnitt



Bild 5.15: Vertikalschnitt

Gezeigt ist das elektrische Feld in einem Vertikalschnitt entlang der  $x$ -Achse (**Azimutwinkel**= $90^\circ$ ), die **Verschiebung** ist 0 m, die horizontale und vertikale Position ist daher mittig im Bild. Die **Höhe** der Schnittebene ist 20 m, die Antenne befindet sich in 10 m Höhe. Die **horizontale Größe** der Ebene beträgt 30 m. Hier wurde die **Farbskala Hot** anstelle von RGB verwendet, der Maßstab ist linear.

### 5.2.1.4. Benutzerdefinierte Schnittebene

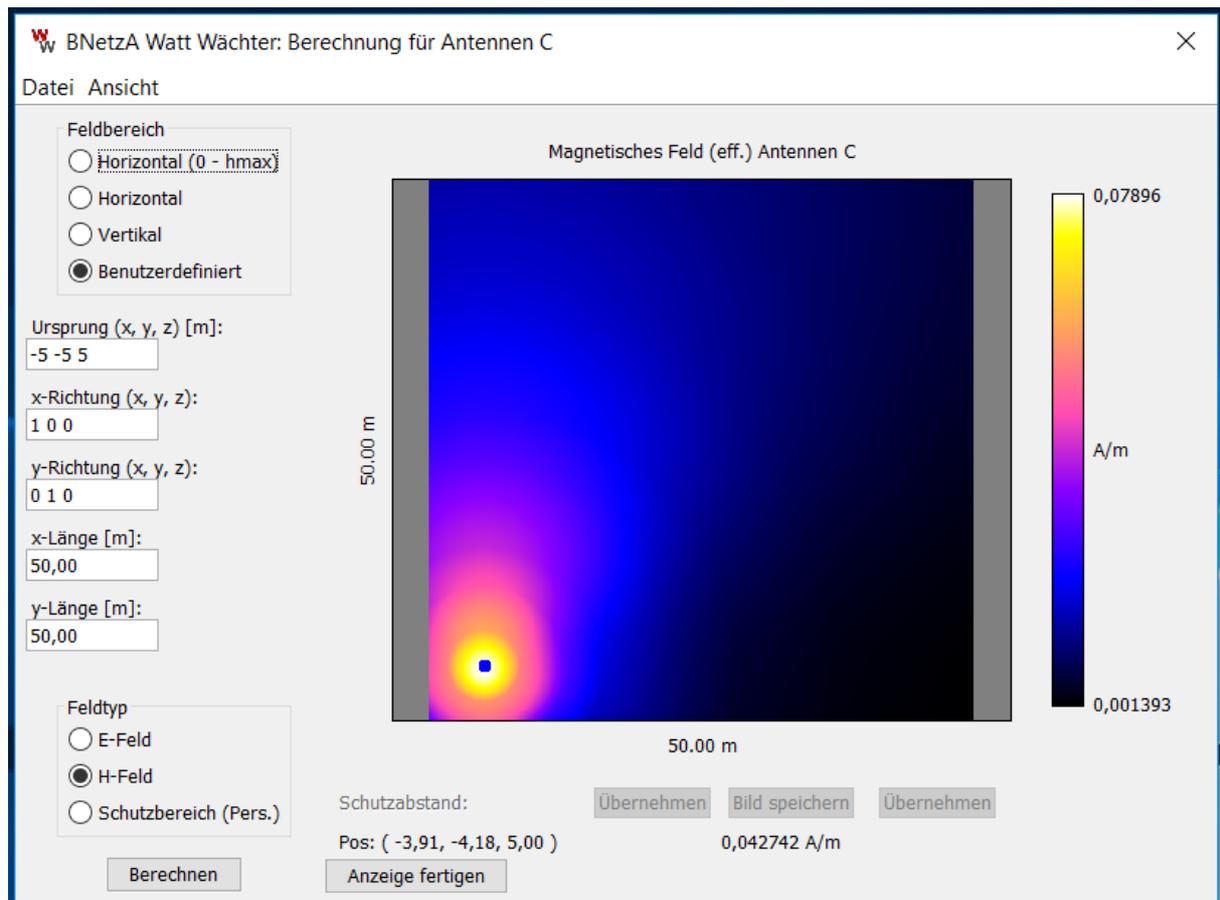


Bild 5.16: Benutzerdefinierte Schnittebene

Die Eingabe der benutzerdefinierten Ebene erfolgt über dem **Ursprung** (Aufpunkt) der Ebene und **zwei Richtungsvektoren**, die die Ebene aufspannen. Ein Richtungsvektor der Ebene wird in x-Richtung dargestellt, der andere in y-Richtung. Zusätzlich wird die Länge der darzustellenden Ebene in x- und y-Richtung angegeben.

In diesem Beispiel ist der Richtungsvektor in x-Richtung angezeigt (1; 0; 0), der in y-Richtung (0; 1; 0). Der Ursprung der Ebene befindet sich in (-5; -5; 5). Die Ausrichtung der Antenne ist nun nicht mehr mittig im Bildausschnitt platziert.

Dargestellt ist das magnetische Feld in linearem Maßstab.

## 5.3. Darstellung des Schutzbereichs

### 5.3.1. Vertikalschnitt

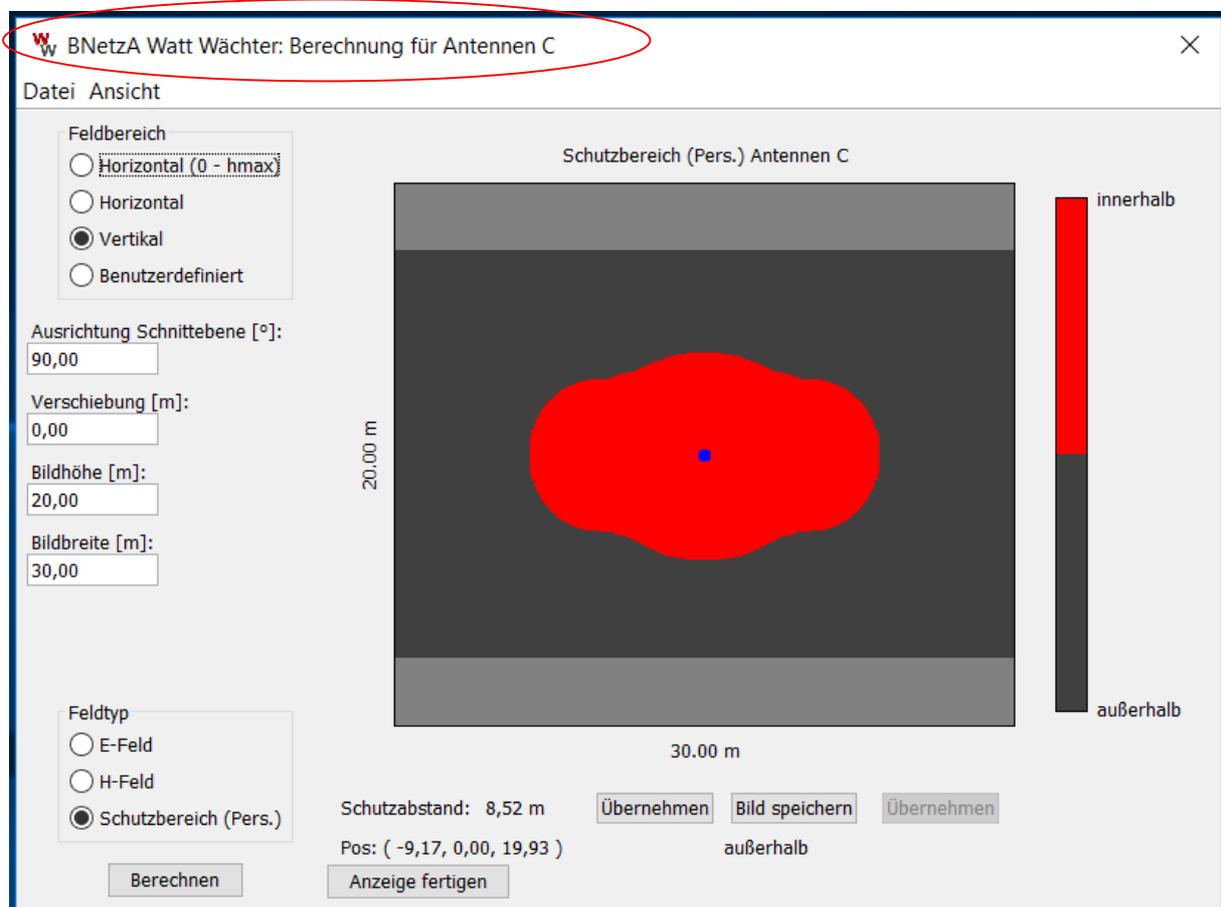


Bild 5.17: Darstellung des Schutzbereiches (Pers.) im Vertikalschnitt

In Bild 5.17 ist der Schutzabstand für Personen im Vertikalschnitt dargestellt.

Der automatisch ermittelte Abstandswert wird im Bild als **Schutzabstand** angegeben und kann sowohl im Vertikalschnitt als auch im Horizontalschnitt durch Klicken auf **Übernehmen** in die Tabelle im Hauptfenster als Schutzabstandswert übernommen werden. Bei Übernahme des Wertes im Vertikalschnitt ist unbedingt darauf zu achten, dass der korrekte Azimutwinkel gewählt wird!

### 5.3.2. Horizontalschnitt



Bild 5.18: Ausgabe des Schutzbereiches (Pers) im Horizontalschnitt in 10 m Höhe

Die Schnittebene ist in diesem Beispiel durch die Antenne hindurchgelegt, d.h. sie befindet sich in einer Höhe von 10 m.

Der automatisch ermittelte Abstandswert wird im Bild als **Schutzabstand** angegeben und kann durch Klicken auf **Übernehmen** in die Tabelle im Hauptfenster als Schutzabstandswert übernommen werden. In der Regel ist dieser Wert die maximale Ausdehnung des Schutzbereichs, gemessen von der Antenne.

Es ist zu erkennen, dass sich die Größe des Schutzabstandes primär durch das Nahfeld der Antenne ergibt.

Die zulässigen Grenzwerte für den Personenschutzabstand werden bei dieser Antenne in einer Höhe von 0 m – 3 m nicht überschritten, siehe Bild 5.19.



Bild 5.19: Ausgabe des Schutzbereiches (Pers.) im Horizontalschnitt in 0-3 m Höhe  
 Der gemessene Schutzabstand beträgt in diesem Fall 0 m, da die Feldstärken im Bereich zwischen 0 m und 3 m Höhe unterhalb der Grenzwerte liegen.

**Hinweis:** Unter Umständen kann kein Wert für den Schutzabstand (Pers.) angegeben werden bzw. der Schutzabstand ist Null, da in den zugänglichen Bereichen der Wert nicht über dem Grenzwert liegt, siehe Bild 5.19. Im gezeigten Beispiel wird der Personenschutzabstand im Bereich 0 m- 3 m Höhe an keiner Stelle überschritten. Die Eintragung in der Tabelle sind somit 0 m!

### 5.3.3. Verwendung des Maßband-Werkzeuges

Der Cursor kann im Ausgabediagramm auch als **Messwerkzeug** benutzt werden. Hierzu wird der Cursor bei gedrückter linker Maustaste vom Startpunkt zum Zielpunkt bewegt. Dabei werden die Distanz und der Winkel zwischen den beiden Punkten unten am Bildrand angezeigt, siehe Bild 5.20. Dieser Wert kann durch **Übernehmen** in die Tabelle übernommen werden. Die Angabe dieses Wertes ist sinnvoll, wenn der Schutzabstand in einer bestimmten Richtung angegeben werden soll.

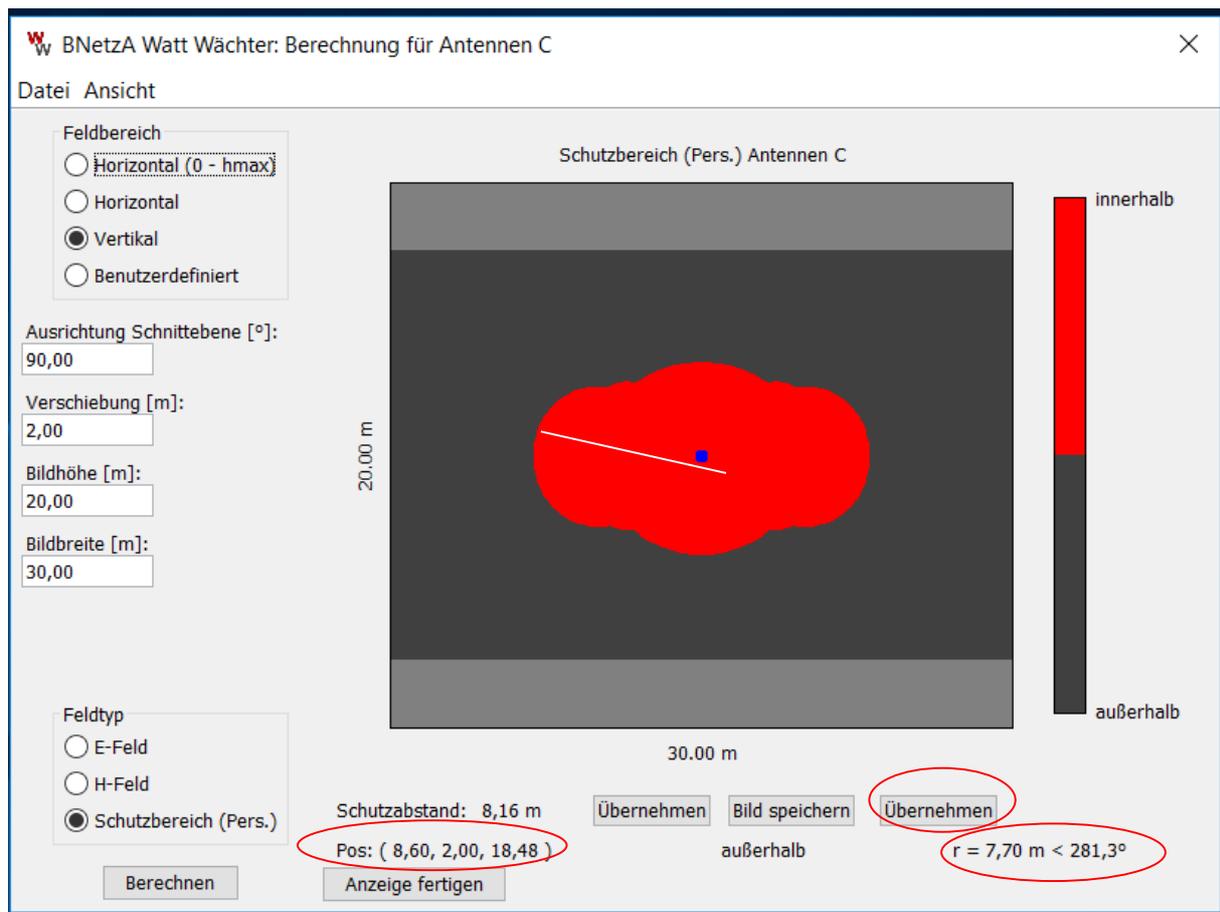


Bild 5.20: Verwendung des Maßband-Werkzeuges

## 5.4. Ende der Berechnungen und Speichern der Anlagenkonfiguration

Die berechneten Konfigurationen können über *Datei* → *Speichern* bzw. → *Datei Speichern unter...* in eine Datei abgespeichert werden, die dann später wieder eingelesen werden kann.

## 6 Erstellung einer Anzeige nach BEMFV

### 6.1. Eingabe der Benutzerdaten

Die Eingabe der Benutzerdaten variiert in der Darstellung leicht zwischen Assistentenmodus und dem erweiterten Modus. Inhaltlich sind beide Darstellungsvarianten identisch. Das Eingabefenster im Assistentenmodus ist in Bild 6.1 dargestellt, die Darstellung im erweiterten Modus zeigt Bild 6.2.

Im erweiterten Modus erscheint das Dialogfeld über den Button **Benutzerdaten**.

Bild 6.1: Eingabe der Benutzerdaten im Assistenten-Modus

Bild 6.2: Eingabe der Benutzerdaten im erweiterten Modus

**Rufzeichen (Station der BEMFV-Anzeige):** Rufzeichen, für welches die Erklärung abgegeben wird.

**Standort:** WGS 84 – Koordinaten des Grundstückes bzw. der Antenne A (Referenzpunkt) so genau wie möglich eingeben. Dies wird für die Berechnung des Schutzbereiches nicht benötigt, ist aber für die Überlagerung mehrerer Stationen (Bestandteil des Programms für die BNetzA) erforderlich. Zusätzlich Adresse der Station angeben.

**Betreiber:** Eingabe der Benutzerdaten des Betreibers der Anlage bzw. des Verantwortlichen.

Die mit \* gekennzeichneten Felder sind optional. Nach Eingabe der Daten mit **Weiter** bestätigen.

## 6.2. Anzeige fertigen

### 6.2.1. Assistenten-Modus

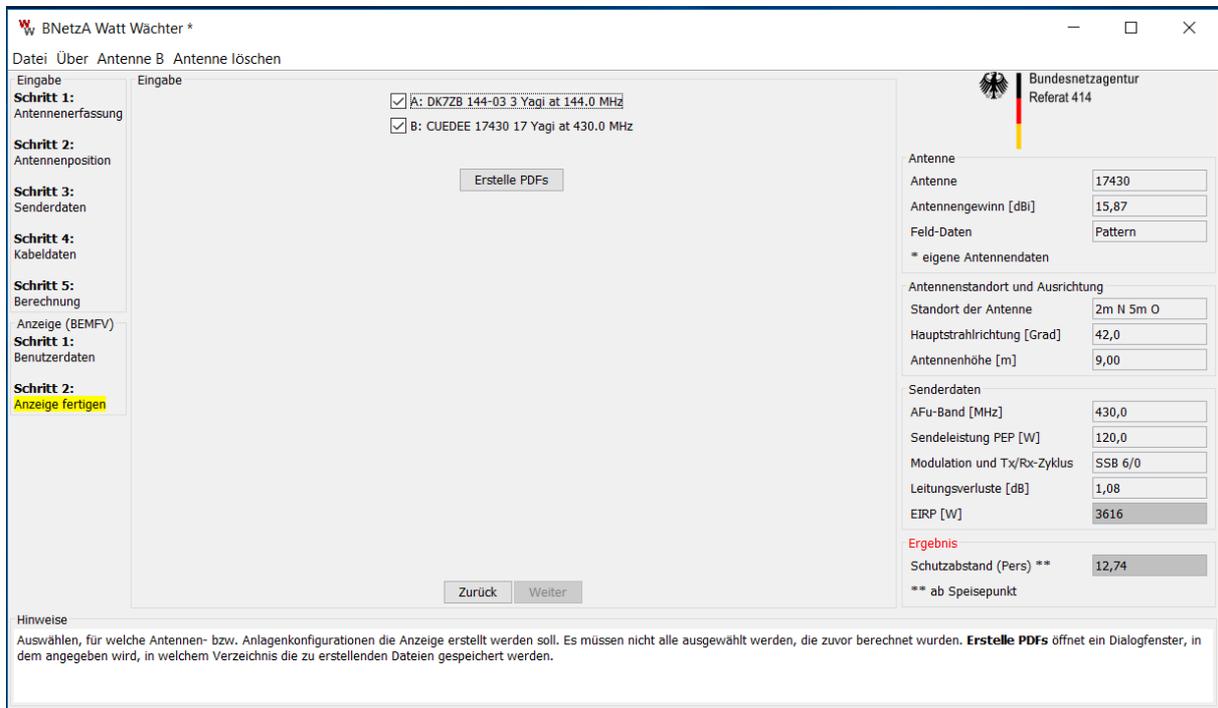


Bild 6.3: Anzeige fertigen im Assistenten-Modus

Mit den Häkchen vor der Antennenbezeichnung wird ausgewählt, für welche Antennen- bzw. Anlagenkonfigurationen die Anzeige erstellt werden soll. Es müssen nicht alle ausgewählt werden, die zuvor berechnet wurden.

**Erstelle PDFs** öffnet ein Dialogfenster, in dem angegeben wird, wo die zu erstellenden Dateien gespeichert werden.

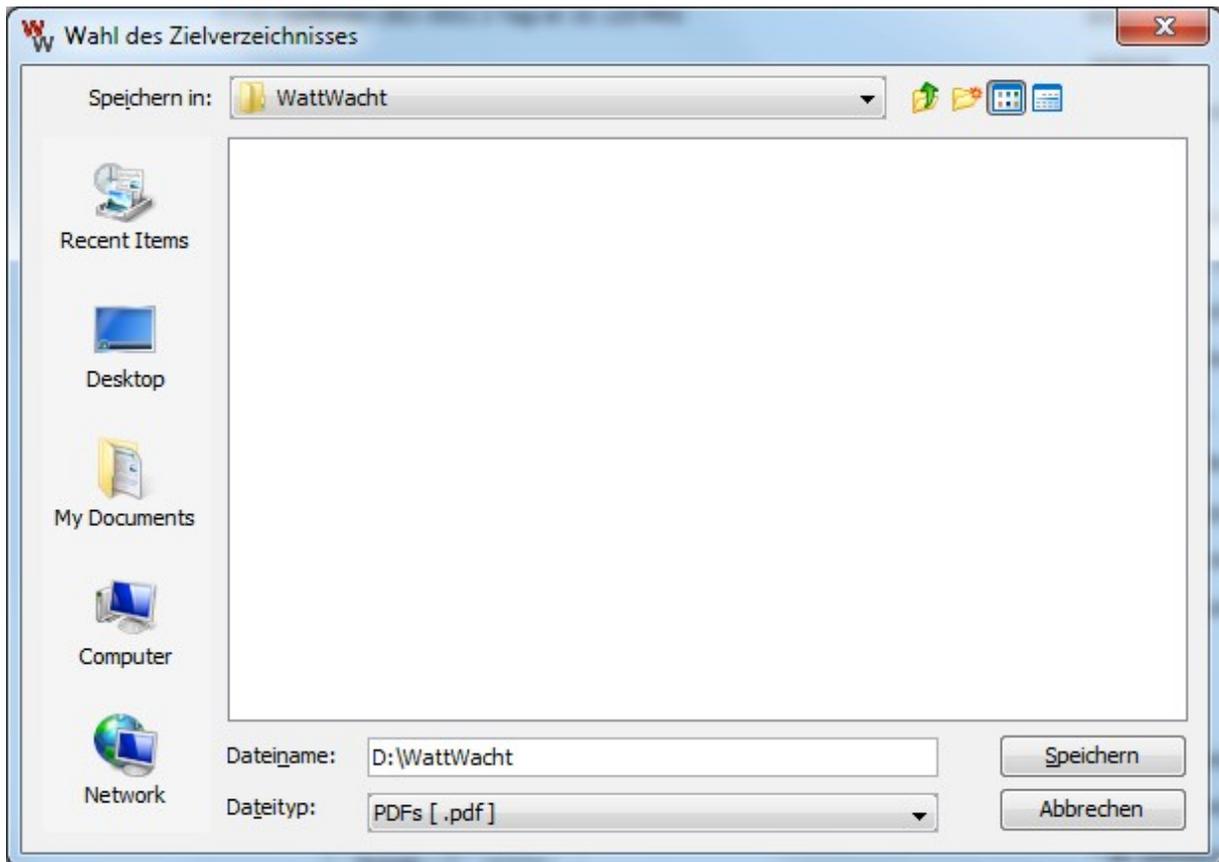


Bild 6.4: Auswahldialog zur PDF-Erstellung

Hier muss das Verzeichnis (nicht der Dateiname!) angegeben werden, unter welchem die Anzeige bzw. die Konfiguration gespeichert werden soll. Die Erstellung des Dateinamens macht Watt-Wächter selbständig in der Form Rufzeichen\_Anzeige und Rufzeichen\_Konfiguration, wie im folgenden Bild zu sehen ist.

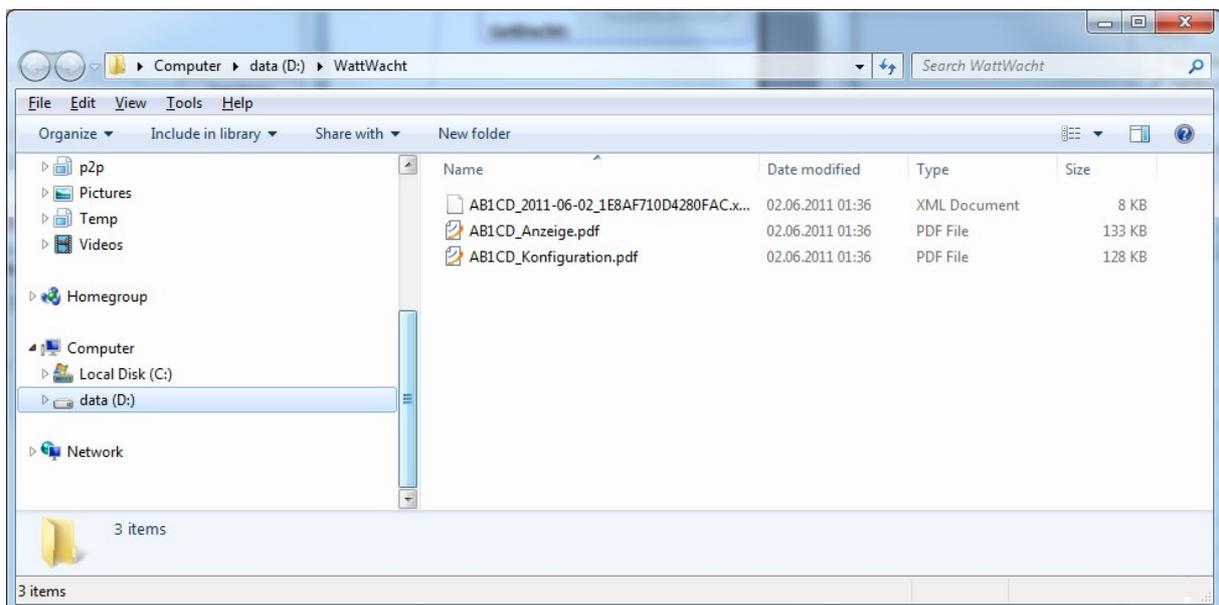


Bild 6.5: Erstellte PDF-Dateien

## 6.2.2. Erweiterter Modus

Nachdem die Berechnungen der Schutzabstände (Pers. und HSM) durchgeführt wurden, sind sie in die Ergebnis-Felder im Hauptfenster übernommen. Mit den Häkchen **Antenne aktiv** wird nun ausgewählt, für welche Antennen- bzw. Anlagenkonfigurationen die Anzeige erstellt werden soll. Es müssen nicht alle ausgewählt werden, die zuvor berechnet wurden.

**Datei → Erstelle PDFs** öffnet ein Dialogfenster (siehe Bild 6.4), in dem angegeben wird, wo die zu erstellenden Dateien gespeichert werden.

**Wichtig:** Die Benutzerdaten müssen zuvor im Hauptfenster eingegeben werden!

## 6.3. Beispiel einer Anzeige

Die erstellten Dateien Rufzeichen\_Konfiguration.pdf und Rufzeichen\_Anzeige.pdf sollten nun in etwa folgendermaßen aussehen:

Blatt 1

### Konfiguration der ortsfesten Amateurfunkanlage

Max Mustermann	AB4DF	A	Musterstraße 12	15678 Musterstadt
(Name)	(Rufzeichen)	Zeugnisklasse	(Straße)	(Plz, Wohnort)

Standort der ortsfesten Amateurfunkanlage:

Beispielweg 14	12345	Beispielstadt
(Straße oder Gemarkung)	(PLZ)	(Ort)

Sendekonfiguration	A	B	C	D	E	F	G
1 Antenne:	DK7ZB 144-03	DG3FEH 430-2x	Optibeam OB2-3				
2 Montagehöhe der Senderantennenunterkante über Grund in Metern:	12.00	9.00	10.00				
3 Hauptstrahlrichtung N über O in Grad:	0.0	0.0	0.0				
4 Betriebsfrequenz in MHz:	144.0	430.0	10.125				
5 Senderleistung (Spitzenleistung, PEP) in Watt:	100.00	120.00	100.00				
6 Sendart (Modulationsart):	SSB	SSB	SSB				
7 Faktor $F_{\text{mod.}}$ :	1.0	1.0	1.0				
8 Äquivalenter isotroper Antennengewinn in dB:	7.02	17.70	6.94				
9 Verluste zwischen Senderausgang und Antenneneingang in dB:	1.48	1.08	0.34				
10 ggf. Winkeldämpfung in dB:	-	-	-				
11 ggf. Faktor $F_{\text{e}}$ :	1.00	1.00	1.00				
12 Sicherheitsabstand Personenschutz in Metern:	4.35	15.85	8.98				

Für jede Sendekonfiguration bitte eine Spalte ausfüllen. Die Spalten sind in alphabetischer Reihenfolge fortlaufend zu kennzeichnen.

597BC85FE36EADBB9284EF6F6C62B8A

- Verbleibt beim Anzeigenden Funkamateure und wird der Bundesnetzagentur nur nach Aufforderung vorgelegt -

Bild 6.6: Beispiel einer Konfigurationsdatei

**Anzeige einer ortsfesten Amateurfunkanlage nach der  
Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer  
Felder**

(zu § 9 BEMFV)

**Standort der ortsfesten Amateurfunkanlage:**

Beispielweg 14 12345 Beispielstadt  
(Straße / Gemarkung) (Haus-Nr. / Flur / Flurstück) (PLZ) (Ort)

**Betreiber der ortsfesten Amateurfunkanlage:**

Mustermann Max 0123 45 67 89  
(Name, Vorname) (Telefon) \*  
Musterstraße 12 mustermann@example.com  
(Straße, Hausnummer) (E-Mail) \*  
15678 Musterstadt  
(PLZ, Ort)  
AB4DF A  
(Rufzeichen) (Amateurfunkzeugnisklasse)

- Erste Anzeige der o.g. ortsfeste Amateurfunkanlage.
- Die o.g. ortsfeste Amateurfunkanlage wurde bisher 1 mal  
angezeigt.

Diese Anzeige ersetzt die vom: 11.11.2001

Die mit\* gekennzeichneten Felder sind freiwillige Angaben, alle anderen Angaben müssen vollständig sein. Fehlende Angaben führen zur Nichtannahme der Anzeige.

Die vorformulierten Erklärungen dürfen nicht ergänzt oder verändert werden.

Der Einsatz von speziell zur Anzeige angebotenen Softwarehilfen entbindet den Anzeigenden nicht von seiner Verantwortung für die Richtigkeit seiner Angaben.

Bild 6.7: Beispiel einer Anzeige-Datei, Seite 1

AB1CD	17.07.2017
Rufzeichen, Datum	

## Erklärungen zu § 8 BEMFV

### Personenschutz

#### Hiermit erkläre ich,

dass der größte für meine ortsfeste Amateurfunkanlage erforderliche standortbezogene Sicherheitsabstand innerhalb des von mir kontrollierbaren Bereiches endet. Weiter erkläre ich, dass beim Betrieb meiner ortsfesten Amateurfunkanlage die in der Konfiguration angegebenen Werte nicht überschritten werden.

Ich habe eine maßstäbliche Skizze des von mir kontrollierbaren Bereiches als Anlage beigefügt. In die Skizze habe ich alle relevanten standortbezogenen Sicherheitsabstände eingezeichnet.

### Sonstige Angaben

#### 1. Die Sicherheitsabstände habe ich ermittelt mit

- WattWächter
- Vereinfachtes Bewertungsverfahren
- Feldstärkemessung
- Fernfeldberechnung
- Nahfeldberechnung
- \_\_\_\_\_

#### 2. falls 1. mit WattWächter beantwortet wurde,

- Ich möchte, dass meine angezeigte Amateurfunkanlage als BEMFV-konformer Standort in der EMF\_Datenbank dargestellt wird. Hierüber erhalte ich eine Bestätigung von der BNetzA.
- Die von WattWächter für diese Anzeige erzeugte XML-Datei  
AB1CD\_2017-07-17\_00487A0BB8A01A7B.xml

werde ich auf Anforderung der BNetzA zur Verfügung stellen.

Die Berechnung erfolgte ausschließlich mit den von der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen bereitgestellten Antennendaten.

Die Berechnung erfolgte mit eigenen Antennendaten.  
Diese werden ebenfalls bereitgehalten.

Bild 6.8: Beispiel einer Anzeige, Seite 2

AB1CD	13.11.2013
Rufzeichen, Datum	

### 3. Angaben zur bereitzuhaltenden Dokumentation

Die nach BEMFV geforderte Dokumentation besteht aus:

- Dokumentation über die Einhaltung der Anforderungen nach § 9 Abs. 2 und 3 mit \_\_\_\_  
Seiten
- Antennendiagramm mit   3   Seiten
- Lageplan und ggf. Bauzeichnung mit   2   Seiten
- Konfiguration der Funkanlage mit   1   Seiten
- \_\_\_\_\_ mit \_\_\_\_ Seiten
- \_\_\_\_\_ mit \_\_\_\_ Seiten

Diese Anzeige umfasst insgesamt:   6 Seiten

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift )

Bild 6.9: Beispiel einer Anzeige, Seite 3

#### **Wichtig:**

Die Formulare sind abschließend durch den Anzeigersteller zu unterschreiben.

# 7 Hinweise zum Erstellen eigener Antennendaten mit NEC2

## 7.1. Modellierung

Phasenzentrum (Speisung) der Antennen sollte im Ursprung (0;0;0) liegen. Dipole sind entlang der y-Achse ausgerichtet (siehe Bild 7.1).

Richtantennen haben die Hauptstrahlrichtung in Richtung der positiven x-Achse. Langdrahtantennen liegen entlang der x-Achse. Loop-Antennen liegen in der x-z-Ebene.

**Hinweis:** Die Antennen können beim Einlesen in den Wattwächter automatisch um 90, 180 oder 270 Grad in Azimut gedreht werden, dass sie so zu den eben genannten Bedingungen passen. Dazu muss im Dateinamen zusätzlich ein `_mbWinkel` hinzugefügt werden, welcher die Hauptstrahlrichtung im Azimut im NEC Modell angibt. Der Winkel wird hierbei mit 90, 180 oder 270 ersetzt.

Beispieldateinamen: `antennenname_frequenz_mb90_FF.out`

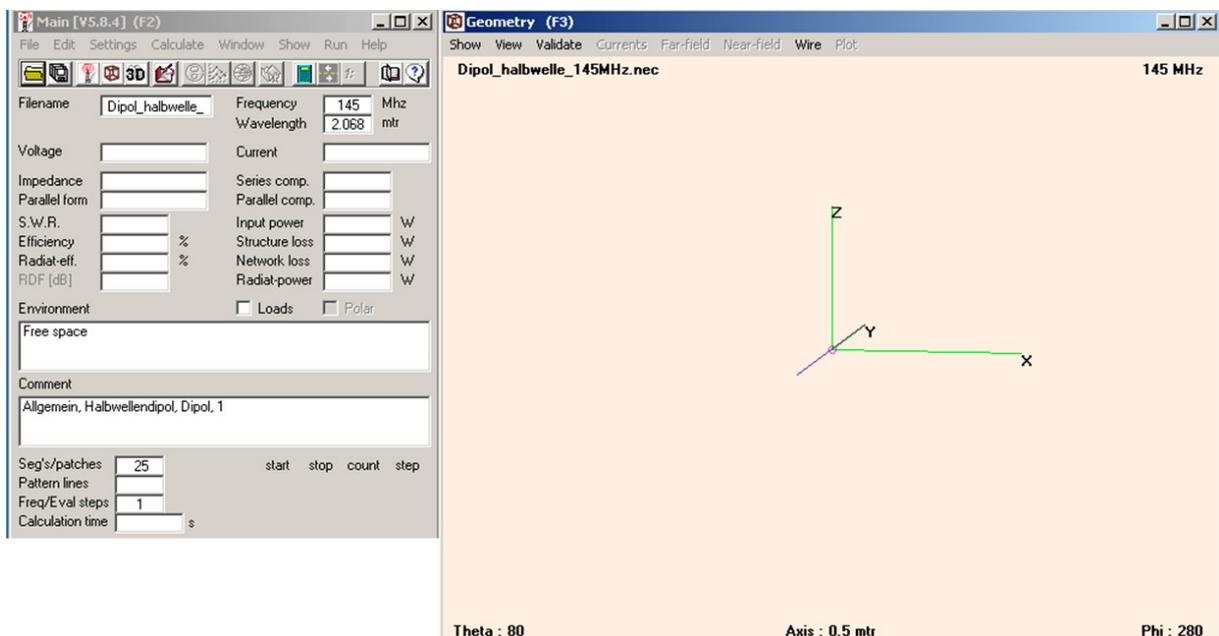


Bild 7.1: Beispiel eines Dipols in NEC2

Es wird jedoch empfohlen, das NEC-Modell gleich entsprechend der dargestellten Richtlinien zu erstellen.

Die Antennen sollten im Freiraum simuliert werden. Wenn sie nicht im Freiraum simuliert werden, gibt es Einschränkungen bei der Ausrichtung der Antenne.

### 7.1.1. Modellierung spezieller Antennen

#### 7.1.2. Antennen mit Groundplane

Zum Simulieren von Groundplane Antennen, ist im NEC Modell ein geeignetes Gegengewicht zur Antenne vorzusehen. Ein solches Gegengewicht bei einer Vertikalantenne ist zweckmäßigerweise ein Stab mit der Länge der Antenne in negativer z- Richtung (was einer Ergänzung zum Dipol entspräche). Bei einer Antenne mit orthogonalen Radials dienen diese als Groundplane. Es kann stattdessen auch ein Boden in NEC mit simuliert werden, es ist dann jedoch zu beachten, dass die Höhe der Antenne über dem Boden fix ist.

#### 7.1.3. Antennen mit Radials

Bei Antennen mit Radials ist zu beachten, dass die Charakteristik des Hauptstrahlers von der Position und Ausrichtung der Radials abhängt. Kann diese nicht garantiert werden, so ist die Antenne als um die vertikale Achse drehbar zu markieren.

## 7.2. Berechnung

#### Fernfeld (siehe Bild 7.2):

- Winkelauflösung nicht schlechter als  $15^\circ$ , empfohlen werden  $5^\circ$ .

#### Nahfeld (siehe Bild 7.3):

- **Würfel** um Ursprung mit Kantenlänge von etwa  $4 \lambda$  ( $-2\lambda \dots 2\lambda$ ) in jede Richtung

Insbesondere ist zu beachten, dass der berechnete Bereich die modellierte Antenne **vollständig umfasst**, inklusive eines zusätzlichen Bereiches um die Antenne herum. Dies ist vor allem bei Langdrahtantennen wichtig.

- Auflösung (Diskretisierung) etwa  $\lambda/10$ , je feiner die Auflösung desto genauer die Berechnung der Größe des Schutzbereiches im Nahfeld.
- Die Kantenlänge geteilt durch die Auflösung muss eine **ganze Zahl** sein!
- Der Würfel muss symmetrisch um den Ursprung platziert sein!
- Die einzelnen Punkte des Gitterwürfels dürfen nicht auf der Antenne liegen.
- Es können bis zu 9 weitere Nahfelder mit anderer Diskretisierung berechnet

werden.

Für lange Antennen kann zusätzlich noch ein quaderförmiges Nahfeld genutzt werden. Dieses wird dann mit X markiert.



Bild 7.2: Fernfeldeinstellungen in NEC2

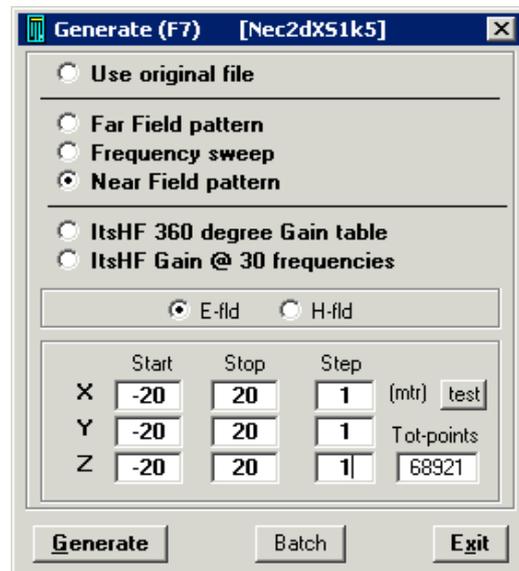


Bild 7.3: Nahfeldeinstellungen in NEC2

**Hinweis:** Das würfelförmige Berechnungsgebiet resultiert daraus, dass Watt-Wächter die kartesischen Koordinaten in Kugelkoordinaten umrechnet. Wird nur ein Quader angegeben, wird automatisch aus dem Quader nur der größtmögliche Würfel verwendet.

Die Attribute der Antenne können als Kommentar im NEC File vor der Simulation in folgender Form angegeben werden:

WASA: Hersteller, Modellname, Typname, Anzahl Elemente

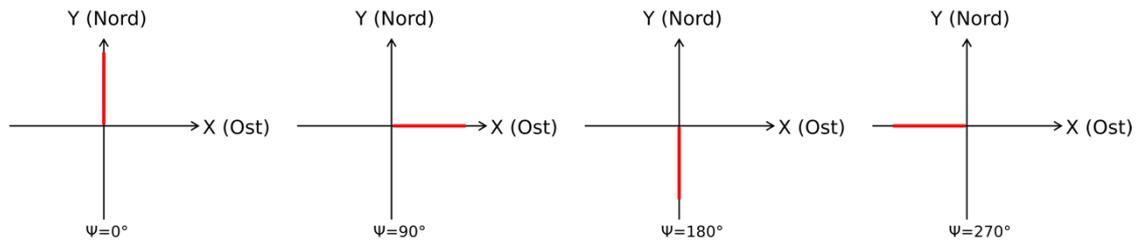
### 7.3. Dateinamen

- Fernfeld:** antennenname\_frequenz\_FF.out
- Elektr. Nahfeld:** antennenname\_frequenz\_NF\_E.out
- Magn. Nahfeld:** antennenname\_frequenz\_NF\_H.out
- Weitere Nahfelder:** antennenname\_frequenz\_NF1\_E.out,\*\_NF1\_H.out  
antennenname\_frequenz\_NF2\_E.out,\*\_NF2\_H.out
- Zusätzliches Nahfeld:** antennenname\_frequenz\_X\_E.out  
antennenname\_frequenz\_X\_H.out

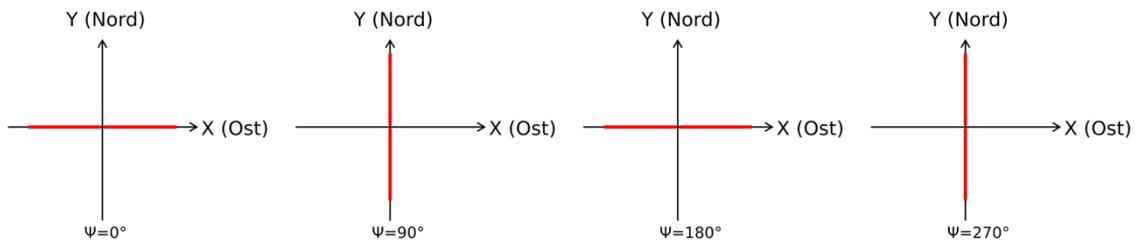
## 8 Illustration der Lage der Antennen

Zum besseren Verständnis sind im Folgenden einige Beispiele für die Ausrichtung einiger häufig verwendeten Antennentypen dargestellt, um die Auswirkungen der Drehung um verschiedene Winkel zu verdeutlichen.

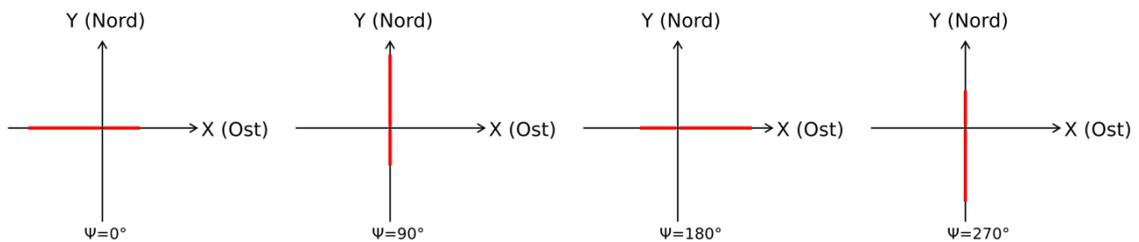
Langdraht



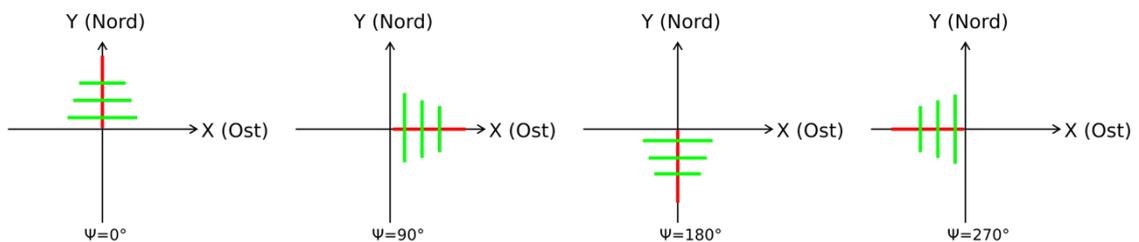
Dipol



Windom 2/3 +Y



Yagi



Loop (Ansicht von Oben)

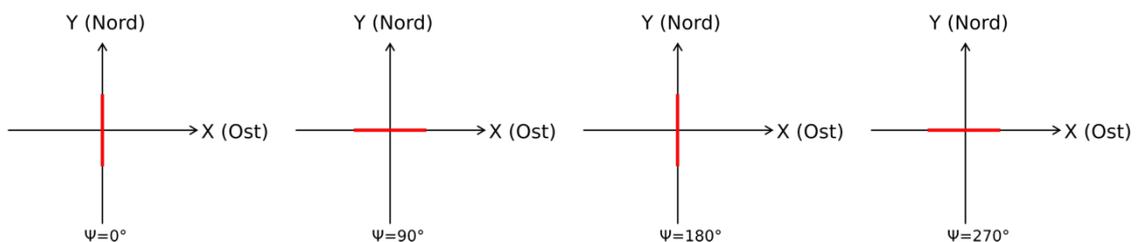


Bild 8.1: Illustration der Lage der Antennen

## 9 Verbindlichkeit des Verfahrens

Die Anzeige ist zunächst auf dem Postweg an die Bundesnetzagentur zu senden. Die zur Anzeige gehörende xml-Datei ist für Überprüfungen seitens der BNetzA in elektronischer Form bereit zu halten.

## 10 Abschließende Hinweise

Mit Watt-Wächter steht eine umfangreiche und einfach zu bedienende Software zur Durchführung einer Amateurfunkanzeige zur Verfügung. Hauptaugenmerk bei der Entwicklung der Software war ein einfaches und verständliches Verfahren, das für den unerfahrenen Anwender eine möglichst problemlose Durchführung der Anzeige ermöglichen soll und dem erfahrenen Anwender gleichzeitig die Möglichkeit bietet, spezielle Einstellungen zu tätigen und das Programm nach seinen Bedürfnissen anzupassen.

Dennoch sind - wie bei jeder Software - einige Besonderheiten zu beachten, auf die in der vorliegenden Bedienungsanleitung nochmals explizit hingewiesen wird.

### 10.1. Berechnung des Schutzbereichs

Der größte Unterschied zur bisherigen Form stellt wohl die neue "Definition" des Schutzabstandes dar. Anders als bisher wird der Schutzabstand als maximale Ausdehnung des Schutzbereiches, gemessen vom Einspeisepunkt der Antennen definiert. Neu ist auch die dreidimensionale Berechnung des Schutzbereichs.

Bei einigen Konfigurationen liegen die Schutzbereiche im Nahfeld der Antenne. Um möglichst genaue Werte für den Schutzabstand zu erhalten, ist eine genaue Kenntnis der Antenne notwendig, d.h. die Feldverteilung um die Antenne muss zuvor mit NEC ermittelt werden.

Zu diesem Zweck steht in Watt-Wächter eine Bibliothek mit NEC-Daten für die am meisten benutzten Antennen zur Verfügung, die erstmalig auch eine Berechnung der Feldstärken und damit der Schutzbereiche im Nahfeld der Antennen erlauben.

Bei manchen Antennen sind jedoch aufgrund von Restriktionen seitens der Hersteller keine Geometriedaten bekannt, so dass keine Feldsimulationen durchgeführt werden konnten. In diesen Fällen sind nur die Fernfelddaten der Antennen, in der Regel als Richtcharakteristik (Pattern), und diese auch nur in den zwei orthogonalen Hauptbe-

nen, bekannt. Das Nahfeld der Antenne wird dann aus dem Fernfeld approximiert. Deshalb sollte, wann immer möglich, die Antenne ausgewählt werden, für welche NEC-Daten vorhanden sind bzw. es besteht die Möglichkeit, sich die NEC-Daten selbst zu berechnen und in Watt-Wächter einzubinden (Expertenmodus). Stehen keine NEC-Daten zur Verfügung, sollten zumindest die Pattern-Daten ausgewählt werden. Die Verwendung der isotropen Daten stellt eine worst-case Abschätzung dar, bei der keine Informationen über die Richtcharakteristik der Antenne eingehen. Auch bei den Pattern-Daten besteht im Expertenmodus die Möglichkeit, selbst Winkeldämpfungen oder zumindest Halbwertsbreiten der Antenne einzugeben.

Zusätzlich zu den **Grundfunktionen** der Schutzbereichsberechnung wurden auf Wunsch des RTA weitere Funktionen eingearbeitet, die den Komfort des Programms erhöhen, aber die Software damit auch umfangreicher machen. Dies betrifft jedoch ausschließlich den Expertenmodus, bei dem der erfahrene Benutzer sehr viele Änderungen vornehmen kann. Hierbei kann allerdings nicht jede unplausible oder fehlerhafte Eingabe von der Software abgefangen werden. Dies betrifft insbesondere Antennendaten, die in NEC fehlerhaft berechnet wurden. Ein weiteres Beispiel dieser Art ist der Schutzabstand: Dieser wird von der Software automatisch übernommen, d.h. die maximale Ausdehnung des Schutzbereichs wird durch Klicken auf **Übernehmen** in das Formular eingetragen. Allerdings steht dem Benutzer frei, einen anderen Wert mit dem Cursor auszumessen, weil dies seine Konfiguration erfordert. In diesem Fall ist der Benutzer für die übernommenen Daten des richtigen Schutzabstandes verantwortlich.

Watt-Wächter berechnet die Schutzabstände auf Basis der gemachten Angaben korrekt. Die Berechnungsroutine wurde mehrfach überprüft und liefert fehlerfreie Werte unter der Voraussetzung, dass die gemachten Angaben bzw. die Eingangswerte korrekt sind. Ein Vergleich mit bestehender Software muss hierbei nicht zwingend die gleichen Werte liefern. Bei NEC-Daten ist darauf zu achten, dass die Antennen mit angemessener Genauigkeit simuliert werden. Liegen keine NEC-Daten vor, so ist auch keine Antennengeometrie bekannt, d.h. der Schutzabstand kann nicht mit der bisherigen Definition verglichen werden. Keinesfalls darf jedoch im Bereich des Nahfeldes mit der Fernfeldnäherung gerechnet werden, diese Vergleiche sind physikalisch falsch und nicht zulässig.

## 10.2. Besonderheiten bei speziellen Antennen

Bei der Berechnung des Schutzabstandes von Antennen mit nicht exakt definiertem Gegengewicht sowie bei manchen magnetischen Rahmenantennen bei sehr niedrigen Frequenzen sind einige Besonderheiten zu beachten, die im Folgenden beschrieben werden.

### 10.2.1. Antennen mit Radials, z.B. CP-5, CP-6

Hier ist zu beachten, dass bei der Simulation der Antennen im Vorhinein nicht bekannt ist, in welcher Reihenfolge bzw. in welcher Anordnung der Anwender die Radials montiert. Durch die nicht symmetrische Anordnung ist auch das abgestrahlte Feld im Allgemeinen nicht symmetrisch um die Antenne verteilt. Da die sich ergebende Vorzugsrichtung jedoch nicht bekannt ist, wurden bei der NEC-Modellierung Vorkehrungen getroffen, dass sich Winkelbereich im Azimut zwischen  $0^\circ$  und  $360^\circ$  um die Antenne eine gleichmäßige, d.h. rotationssymmetrische Abstrahlung ergibt, welche dem Maximum in Vorzugsrichtung entspricht. Der entsprechende Schutzbereich in der horizontalen Schnittebene ist somit kreisförmig. Aus diesem Grund ist es **nicht erforderlich**, bei der Berechnung des Schutzbereiches diese Antennentypen im Azimut als **“drehbar” von  $0^\circ$  -  $360^\circ$**  zu markieren.

### 10.2.2. Vertikalantenne GPM-1500, BB-7V

Da hier nicht bekannt ist, welches Gegengewicht der Funkamateur benutzt, wurde in der Simulation von einem Gegengewicht der gleichen Länge wie der Antenne ausgegangen. Damit entspricht die Vertikalantenne mit Gegengewicht etwa einem Halbwellen-Dipol. Der Gewinn ist somit ggf. etwas höher als in der Realität, insbesondere wenn kürzere Gegengewichte verwendet werden.

### 10.2.3. Magnetische Rahmenantennen (Magnetic Loops), z.B. AMA

Bei den Magnetischen Rahmenantennen des Typs AMA sind einige Besonderheiten zu beachten. Verringert man die Größe einer Antenne bezogen auf die Wellenlänge, bei welcher die Antenne eingesetzt wird, so nähert man sich immer näher an das Verhalten des Hertzschen Dipols an. Damit wird auch der theoretisch zu erwartende Gewinn dem des Hertzschen Dipols entsprechen. Dieser liegt bei 1,76 dBi, sofern

keine Verluste berücksichtigt werden. Treten Verluste in der Antenne auf, nimmt deren Wirkungsgrad ab und somit sinkt der realisierbare Gewinn. Es ist zu beachten, dass der Gewinn stets im Fernfeld der Antenne und im Freiraum und in Hauptstrahlrichtung definiert ist. Dabei ist der Bezug der isotrope Strahler, d.h. die Gewinnangabe erfolgt in dBi. Der realisierbare Gewinn in Hinblick auf eine Verbesserung der Empfangsleistung oder Signalstärke beim Funkamateurlist ist damit nicht vergleichbar, da sich die Antenne in der Regel in einer bestimmten Höhe über Grund befindet (also nicht im Freiraum) und sich die Richtcharakteristik dadurch in eine bestimmte Richtung verändern kann. Wenn im Rahmen von Wattwächter von Gewinnen gesprochen wird, sind nur die vorgenannten definierten Gewinne gemeint, nicht die Verbesserung der Signalqualität im Vergleich zu einer anderen Antenne (z.B. Dipol), die in der gleichen Weise aufgestellt wurde, wie dies beispielsweise in der Abhandlung "Magnetische Antennen" von Christian Käferlein (DK5CZ) und Gunter Härtling (DH6ARM) vorgeschlagen wird.

Bezogen auf die Wellenlänge handelt es sich bei den magnetischen Loops um kleine Antennen, somit sind Gewinne in der Größenordnung von 1,76 dBi zu erwarten. Diese Werte sind ab einer gewissen Frequenz (Umfang  $\geq \lambda/4$ ) auch in den Herstellerangaben zu finden. Bei kleineren Frequenzen unterscheiden sich jedoch die Herstellerangaben teilweise deutlich vom theoretischen Gewinn. Die Ursache hierfür liegt in den sehr geringen Strahlungswiderständen der Antenne im Bereich  $< 1\Omega$  und den vorhandenen Verlustwiderständen in der Antenne und dem Anpassungsnetzwerk. Dies führt zu einer deutlichen Reduzierung des Wirkungsgrades und damit des Gewinns. Gut zu sehen ist dies beispielsweise bei der AMA 163 im 160m- und im 80m-Band sowie bei der AMA 85 im 80m- und im 40m-Band.

Im Folgenden sei ein beispielhafter Vergleich der Gewinnwerte in Wattwächter und der Herstellerangabe gegeben:

Antenne und Band	Gewinn Wattwächter	Gewinn Hersteller
AMA 163, 160m	-6,6 dBi	-10,9 dBi
AMA 163, 80m	-0,24 dBi	-4,8 dBi
AMA 85, 80m	-6,39 dBi	-13,5 dBi
AMA 85, 40m	-0,11 dBi	-4,9 dBi

Tabelle 10.1: Vergleich der Gewinnwerte in Wattwächter und in der Herstellerangabe

Sowohl die Werte in Wattwächter als auch die des Herstellers weichen deutlich von

1,76 dBi ab, gleichzeitig sind die Werte bei Wattwächter höher als die des Herstellers. Die Ursache hierfür liegt in der Modellierung der Antennen. So werden in Wattwächter bzw. in der NEC-Simulation zwar die Metallverluste, d.h. die Ohmschen Verluste in der Antenne berücksichtigt, nicht jedoch die Verluste in vorhandenen Anpassungs- oder Transformationsschaltungen, d.h. keine Verluste im Kondensator und auch keine Übergangsverluste bzw. Übergangswiderstände wie sie in der Realität vorkommen. Somit ist nachvollziehbar, dass die Gewinne in Wattwächter kleiner sind als der theoretische Wert und gleichzeitig aber größer als die Herstellerangaben, die sämtliche realen Verluste beinhalten. Ferner ist zu beachten, dass die Herstellerangaben nicht auf einer Messung beruhen, sondern auf theoretischen Werten basierend auf mathematischen Näherungsformeln. Insofern ergeben sich auch hier Toleranzen. Die kleineren Gewinnwerte zu geringeren Frequenzen sind der Tatsache geschuldet, dass der Strom durch die Antenne aufgrund der niedrigen Impedanz stark ansteigt und damit die Verluste auch im Anpassungsnetzwerk zunehmen, was wiederum zu einem geringeren Wirkungsgrad der Antenne führt. Da in Wattwächter lediglich die Ohmschen Verluste in der Antenne, nicht jedoch Verluste im Speisennetzwerk oder Übergangswiderstände berücksichtigt sind, stellt die Angabe in Wattwächter eine worst-case-Betrachtung dar, die auch beabsichtigt ist, zumal Gewinn-Messdaten nicht zur Verfügung stehen. Jedoch besteht für den Funkamateurliehaber hier die Möglichkeit, die Station vor Ort messen zu lassen, wenn die Wattwächter-Berechnung zu konservative Schutzbereiche ausweisen sollte.