

# **Programmbeschreibung**

**des Softwarepakets**

**Watt-Wächter**

**August 2013**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Gegenstand der Studie .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Umfang von Watt-Wächter .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Start des Programmes .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Anleitung für den Assistentenmodus .....</b>	<b>7</b>
4.1. Schritt 1: Antennenerfassung .....	7
4.2. Schritt 2: Antennenposition .....	9
4.3. Schritt 3: Senderdaten .....	11
4.4. Schritt 4: Kabeldaten .....	12
4.5. Schritt 5: Berechnung der Schutzabstände .....	13
4.5.1. Verwendung des Maßband-Werkzeuges .....	17
4.6. Ende der Berechnungen und Speichern der Anlagenkonfiguration .....	18
<b>5. Anleitung für den erweiterten Modus .....</b>	<b>19</b>
5.1. Eingabe der Anlagenkonfiguration .....	19
5.1.1. Antenne .....	20
5.1.2. Neue Antenne hinzufügen oder vorhandene Antenne editieren .....	20
5.1.3. Weitere Eingabemöglichkeit der Antennendaten .....	22
5.1.4. Eingabe der Standortdaten .....	27
5.1.5. Senderdaten .....	29
5.1.6. Kabeldaten .....	30
5.2. Berechnung .....	31
5.2.1. Darstellungsmöglichkeiten .....	33
5.2.2. Beispiele für die Ausgabe .....	35
5.3. Darstellung des Schutzbereichs .....	40
5.3.1. Vertikalschnitt .....	40
5.3.2. Horizontalschnitt .....	41
5.3.3. Verwendung des Maßband-Werkzeuges .....	42
5.4. Ende der Berechnungen und Speichern der Anlagenkonfiguration .....	43
<b>6. Erstellung einer Anzeige nach BEMFV .....</b>	<b>44</b>
6.1. Eingabe der Benutzerdaten .....	44
6.2. Anzeige fertigen .....	46
6.2.1. Assistenten-Modus .....	46

<b>6.2.2.</b>	Erweiterter Modus .....	48
6.3.	Beispiel einer Anzeige.....	48
<b>7.</b>	<b>Hinweise zum Erstellen eigener Antennendatenmit NEC2 .....</b>	<b>51</b>
7.1.	Modellierung.....	51
7.2.	Berechnung.....	52
7.3.	Dateinamen.....	53
<b>8.</b>	<b>Verbindlichkeit des Verfahrens .....</b>	<b>53</b>
<b>9.</b>	<b>Abschließende Hinweise .....</b>	<b>53</b>

## 1. Gegenstand der Studie

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.

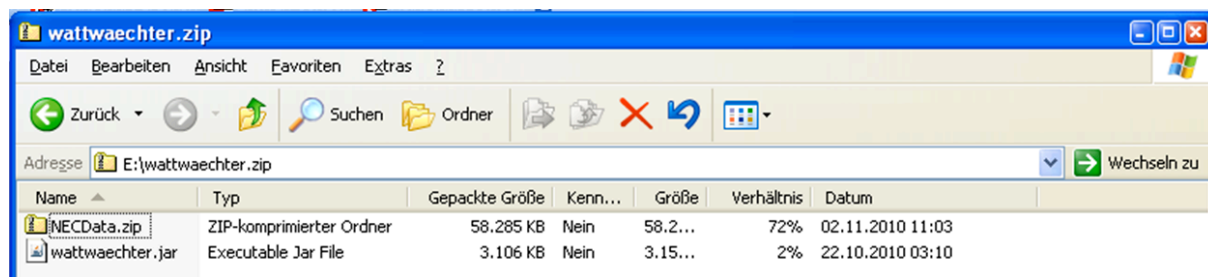


Bild 2.1: Komprimiertes ZIP-Verzeichnis *wattwaechter.zip*

Die gepackte Datei *wattwaechter.zip* ist in ein beliebiges Verzeichnis auf der Festplatte zu entpacken.

**Wichtig:** *NECDATA* 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 ein-

zugebenden 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.

***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 Antennen angezeigt. Hierzu bitte Hinweise weiter unten beachten!

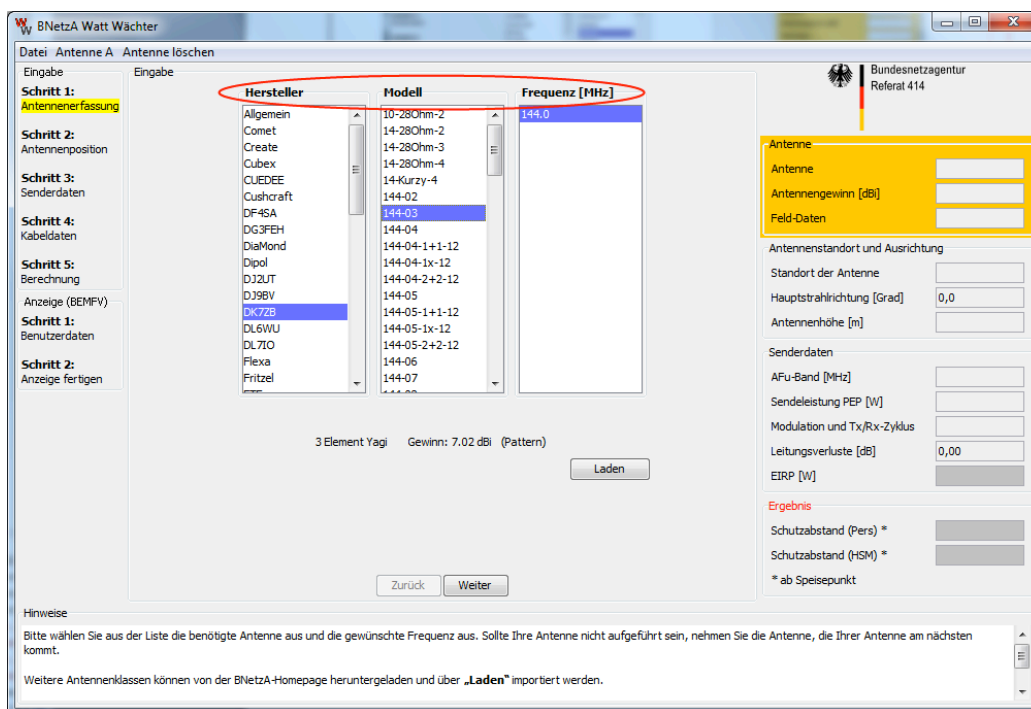


Bild 4.1: Antennenerfassung

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 des Speisepunktes mit angegeben, z.B. „2/3 + Y“. Dies bedeutet 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.



## 4.2. Schritt 2: Antennenposition

BNetzA Watt Wächter \*

Datei Antenne A Antenne löschen

Eingabe Eingabe

**Schritt 1:**  
Antennenerfassung

**Schritt 2:**  
**Antennenposition**

**Schritt 3:**  
Senderdaten

**Schritt 4:**  
Kabeldaten

**Schritt 5:**  
Berechnung

Anzeige (BEMFV)

**Schritt 1:**  
Benutzerdaten

**Schritt 2:**  
Anzeige fertigen

Position

Nord + / Süd - 0,00 m

Ost + / West - 0,00 m

Höhe über Boden 12,00 m

Hauptstrahlrichtung

min. max.

Azimut  $\psi$  [°] 0 0 ☐ drehbar

Elevation  $\theta$  [°] 90 90 ☐ drehbar

Bodenfaktor (1.3 - 2) 2,00

Zurück Weiter

Hinweise

Bitte geben Sie die Antennenposition relativ zum Bezugspunkt (Position der ersten Antenne A) ein. Wird nur ein Antennenstandort betrachtet, geben Sie hier bei Nord/Süd und Ost/West 0 ein. Falls Sie mehrere Antennen berechnen wollen, geben Sie für die folgenden Standorte, die Daten relativ zu der ersten Antenne ein.

Eine Skizze der ausgewählten Antennenklasse veranschaulicht die Orientierung der Antenne.

Bundesnetzagentur  
Referat 414

Antenne

Antenne 144-03

Antennengewinn [dBi] 7,02

Feld-Daten Pattern

**Antennenstandort und Ausrichtung**

Standort der Antenne

Hauptstrahlrichtung [Grad] 0,0

Antennenhöhe [m]

Senderdaten

AFu-Band [MHz] 144,0

Sendeleistung PEP [W]

Modulation und Tx/Rx-Zyklus

Leitungsverluste [dB] 0,00

EIRP [W]

**Ergebnis**

Schutzabstand (Pers) \*

Schutzabstand (HSM) \*

\* ab Speisepunkt

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. 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.

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.

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

Bild 4.3: 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 **Weiter** bestätigen.

## 4.4. Schritt 4: Kabeldaten

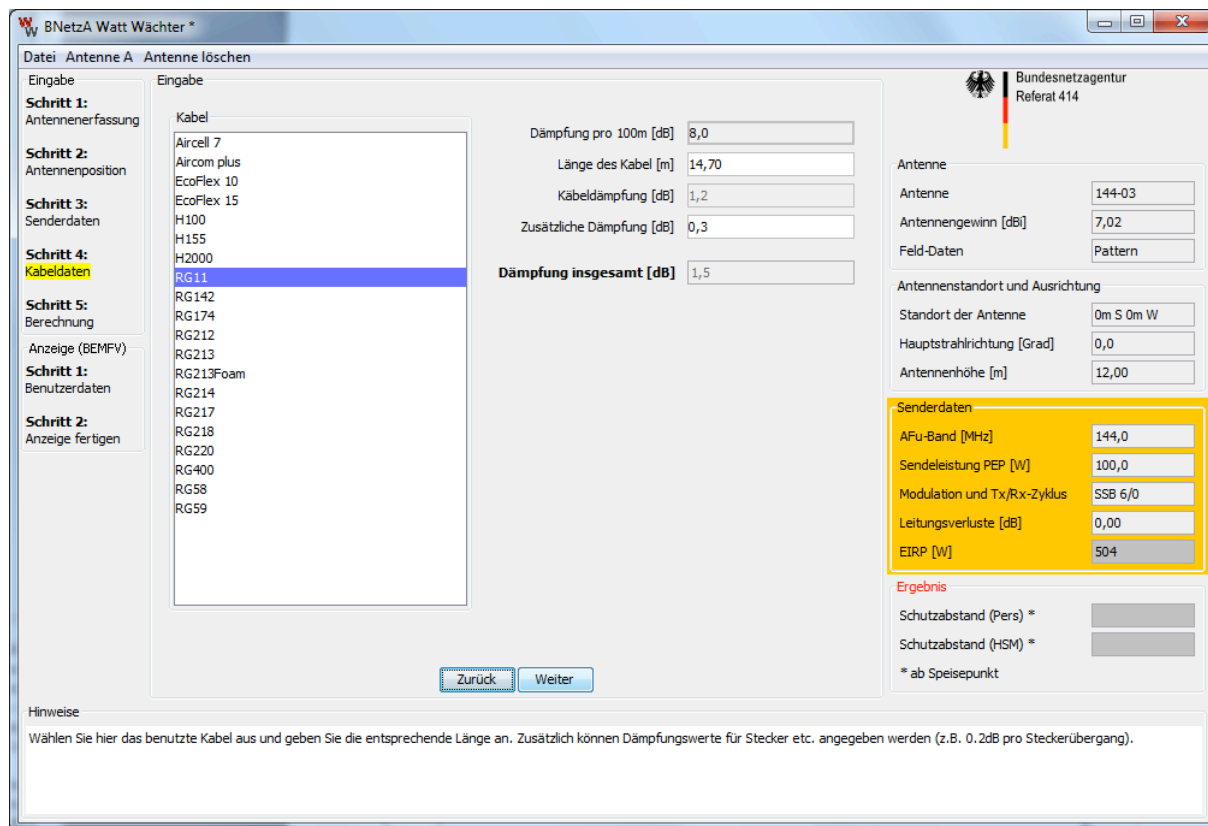


Bild 4.4: Kabeldaten

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

**BNetzA Watt Wächter**

Datei Antenne A Antenne löschen

**Eingabe**

**Schritt 1:** Antennenerfassung

**Schritt 2:** Antennenposition

**Schritt 3:** Senderdaten

**Schritt 4:** Kabeldaten

**Schritt 5:** **Berechnung**

Anzeige (BEMFV)

**Schritt 1:** Benutzerdaten

**Schritt 2:** Anzeige fertigen

**Eingabe**

Feldbereich

☐ Horizontal (0 - hmax)

☒ Horizontal

☐ Vertikal

Berechnungshöhe [m]: 12,00

Berechnungsgröße [m]: 40,00

Bitte Feldbereich und Feldtyp auswählen

**Knopf <Berechnen> betätigen**

Feldtyp

☒ Schutzbereich (Pers.)

☐ Schutzbereich (HSM)

Berechnen

Schutzabstand: Übernehmen Bild speichern Übernehmen

Zurück Antenne hinzufügen Anzeige durchführen

**Bundesnetzagentur**  
Referat 414

Antenne

Antenne: 144-03

Antennengewinn [dBi]: 7,02

Feld-Daten: Pattern

Antennenstandort und Ausrichtung

Standort der Antenne: 0m S 0m W

Hauptstrahlrichtung [Grad]: 0,0

Antennenhöhe [m]: 12,00

Senderdaten

AFu-Band [MHz]: 144,0

Sendeleistung PEP [W]: 100,0

Modulation und Tx/Rx-Zyklus: SSB 6/0

Leitungsverluste [dB]: 1,48

EIRP [W]: 358

**Ergebnis**

Schutzabstand (Pers.) \*

Schutzabstand (HSM) \*

\* ab Speisepunkt

**Hinweise**

Gewünschte Schnittebene auswählen:

**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. **Diese Einstellung ist zur korrekten Berechnung des Schutzbereichs im zugänglichen Bereich zwischen 0 - 3m erforderlich!**

**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.

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.

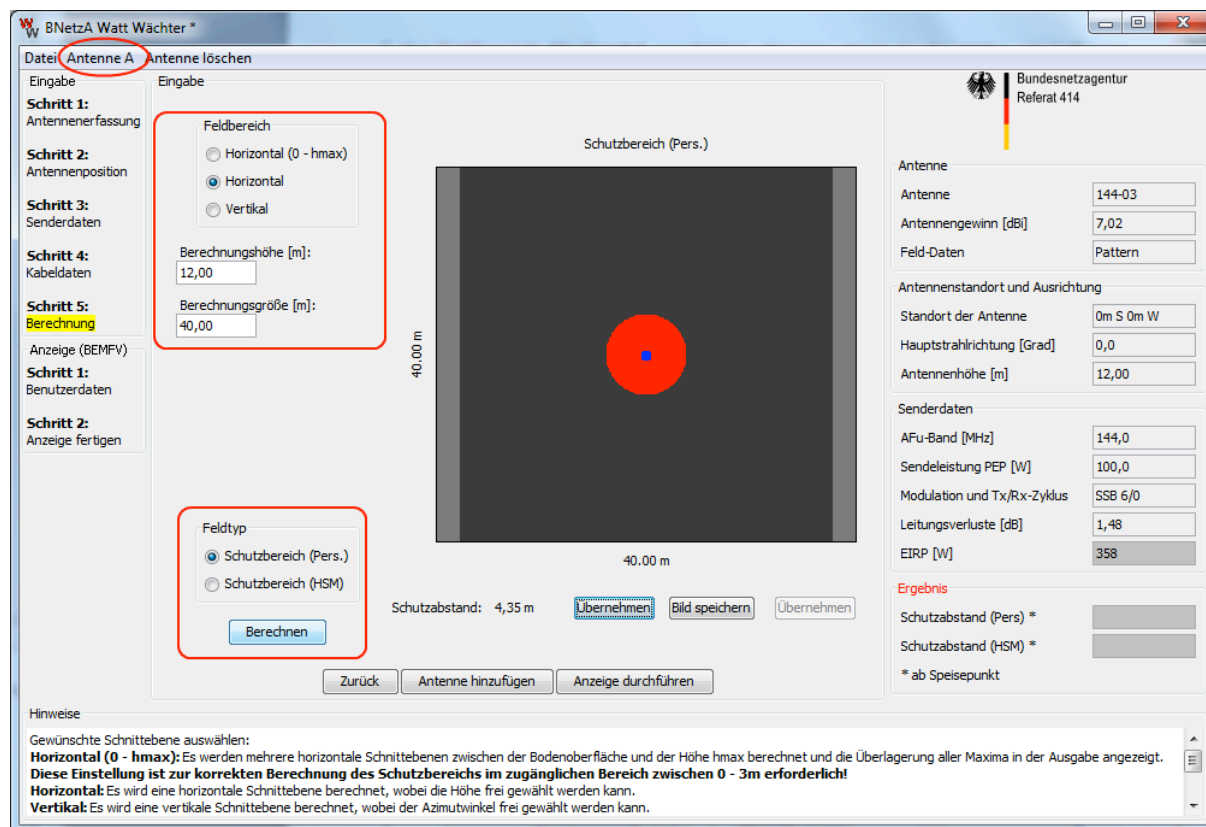


Bild 4.6: Schutzbereich Personen

Im obigen Beispiel ist der Schutzbereich Personen in einer Höhe von 12 m als roter Bereich dargestellt, der Antennenstandort 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, ...) 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.

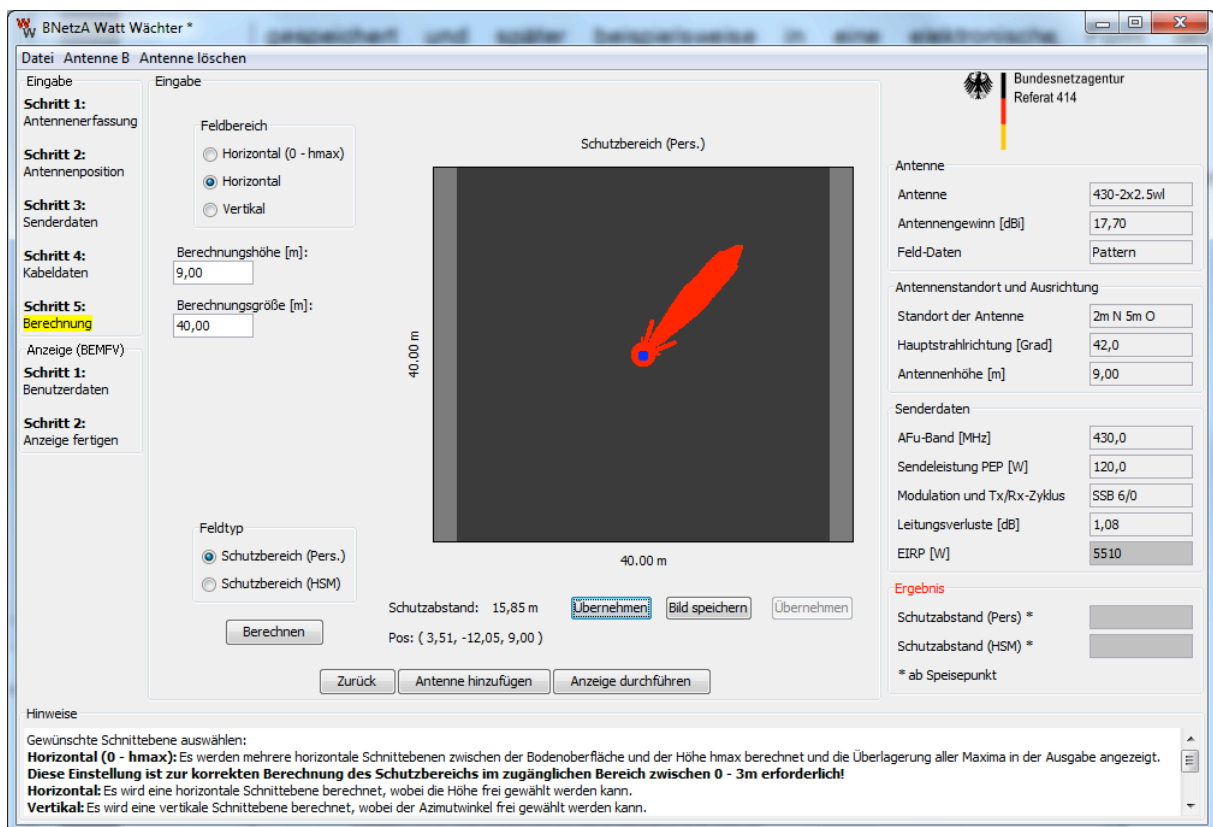


Bild 4.7: Schutzbereich der zweiten Antenne

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 Antennenabmessung 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 (3,51, -12,05, 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 unter...* kann die aktuelle Anlagenkonfiguration gespeichert werden und später jederzeit mit *Datei* → *Öffnen...* erneut bearbeitet werden.

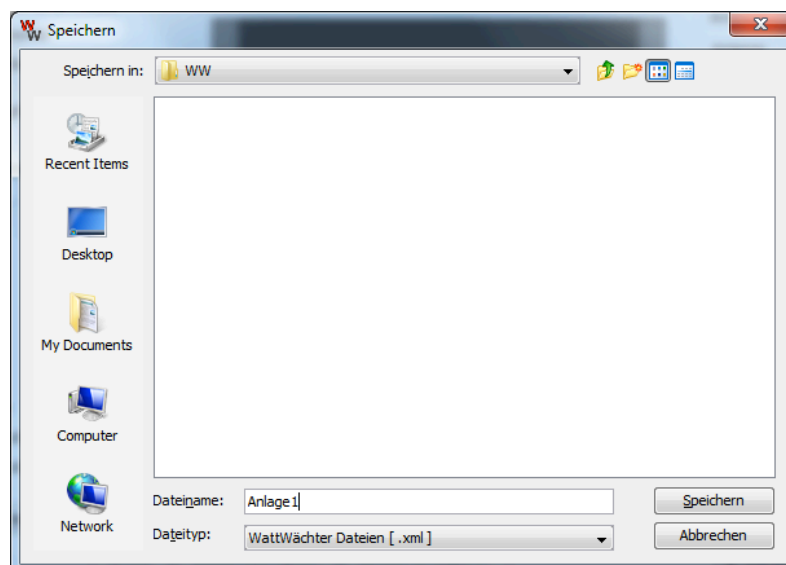


Bild 4.8: Dialog zum Speichern der Anlagenkonfiguration

## 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:

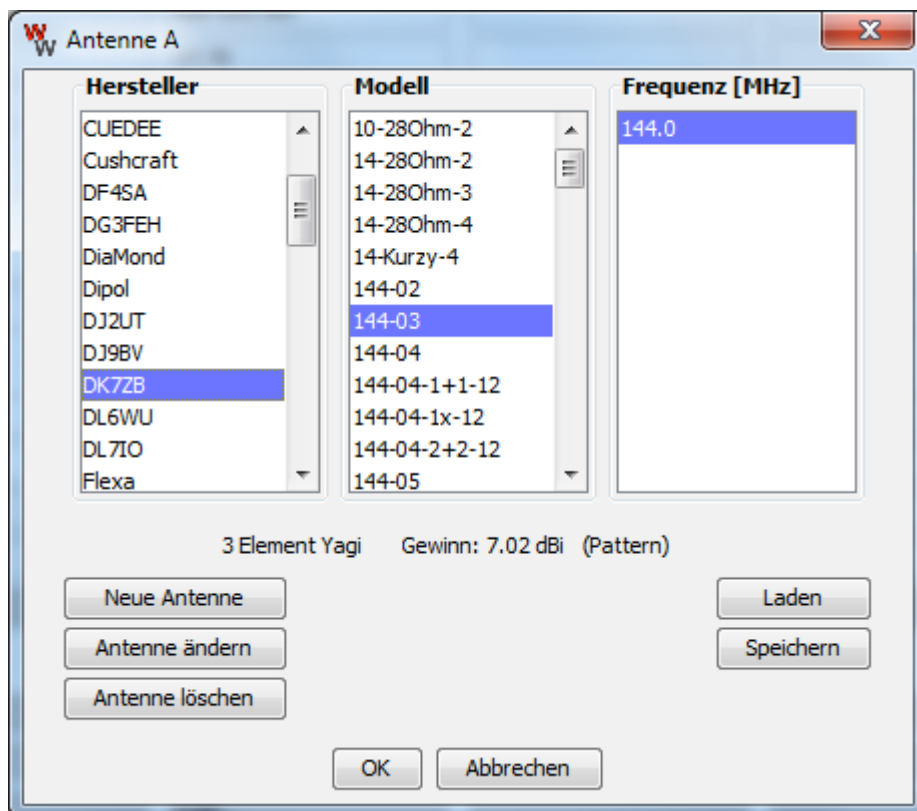


Bild 5.2: Antennenauswahlmenü

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 Klick auf **Neue Antenne** neue Antennen eingegeben werden, mit **Antenne ändern** 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.

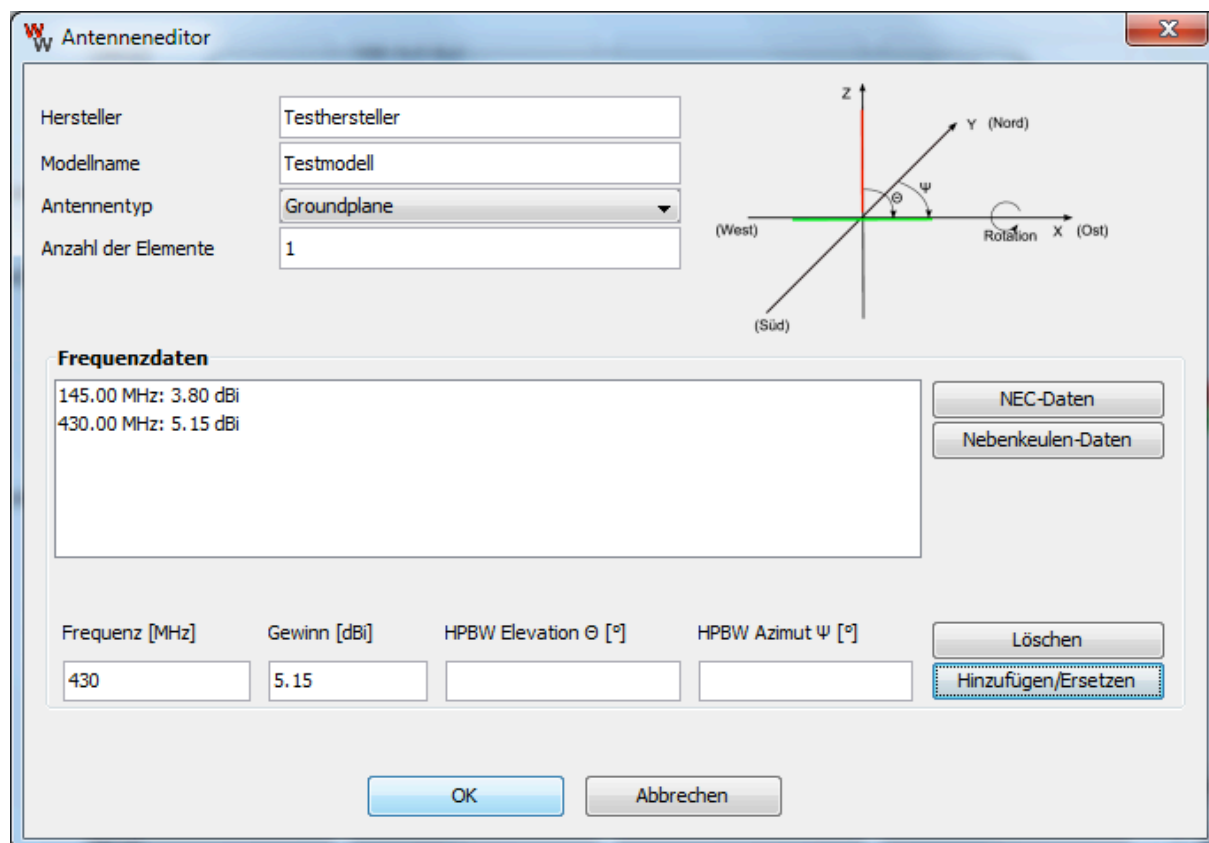


Bild 5.3: Dialog zur Eingabe einer neuen Antenne

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 **OK** geschlossen und die Daten werden in die Tabelle des Hauptfensters übernommen.

### 5.1.3. Weitere Eingabemöglichkeit der Antennendaten

#### 5.1.3.1. 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.

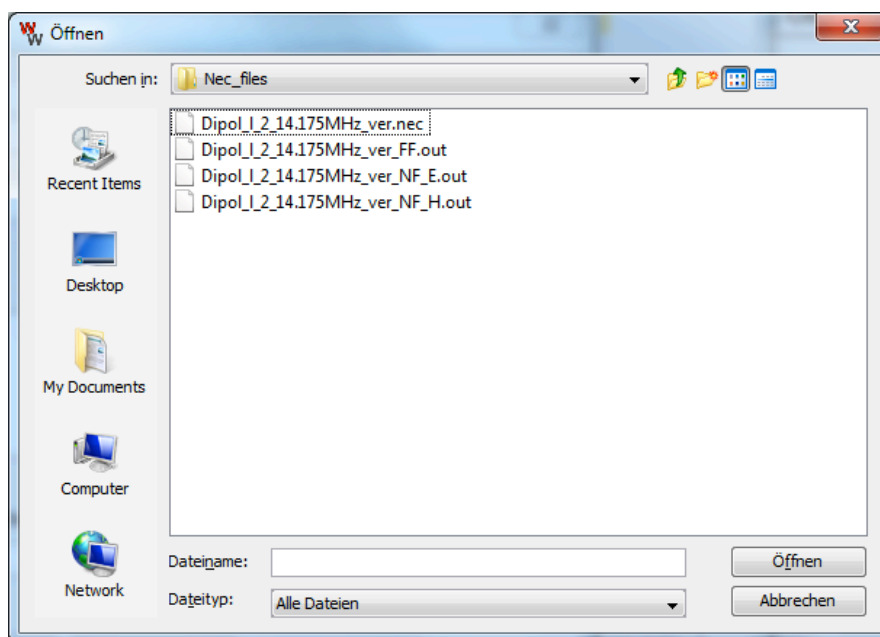


Bild 5.4: Auswahldialog für NEC-Daten

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.

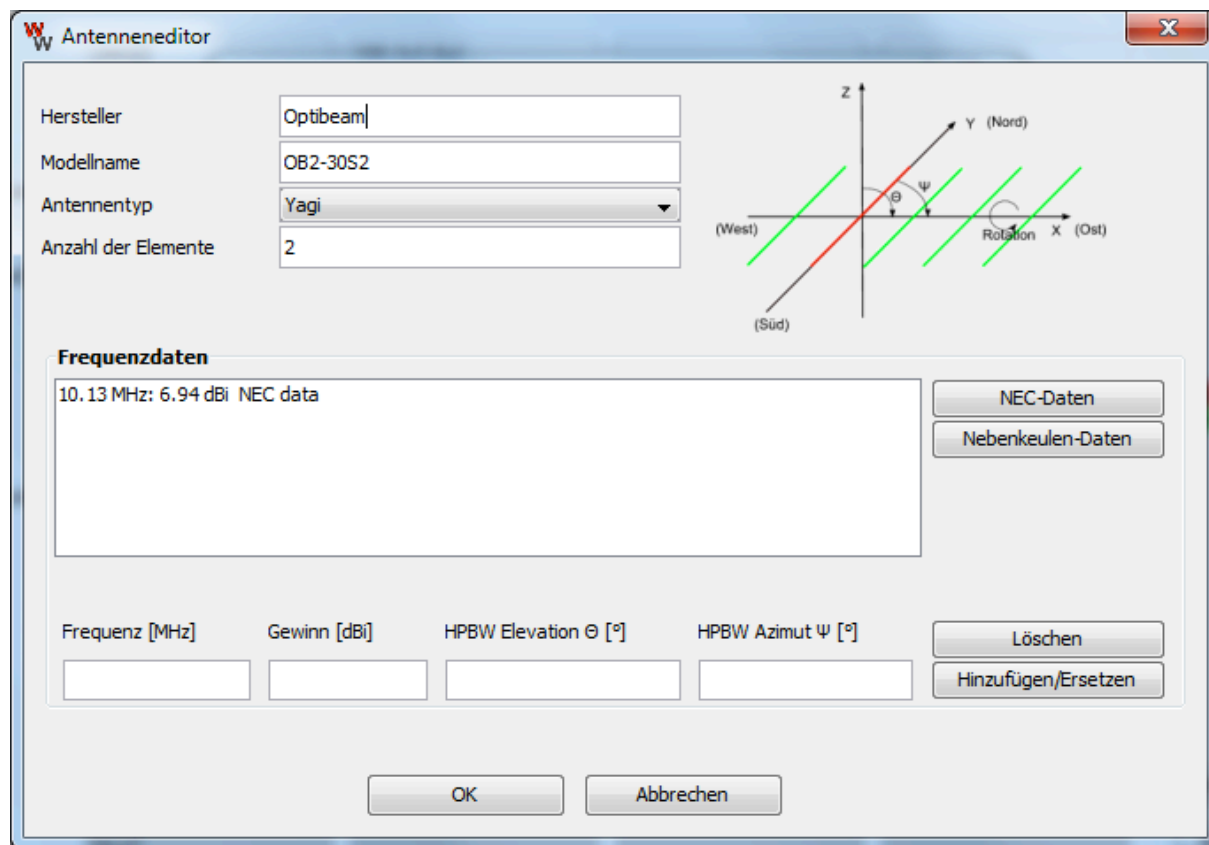


Bild 5.5: Antenneneditor mit ausgewählter Antenne mit NEC-Daten

Mit **OK** werden diese Daten in die entsprechenden Felder übernommen. Im erscheinenden Dialog die Angaben nochmals bestätigen und mit **OK** übernehmen. Da die Antennenliste geändert wurde, bietet Watt-Wächter automatisch an, diese geänderte Liste zu speichern.

**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.

### 5.1.3.2. Gewinn und Nebenkeulen-Daten

Sind keine NEC-Daten vorhanden, besteht die Möglichkeit, Gewinn und Winkeldämpfungen 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.

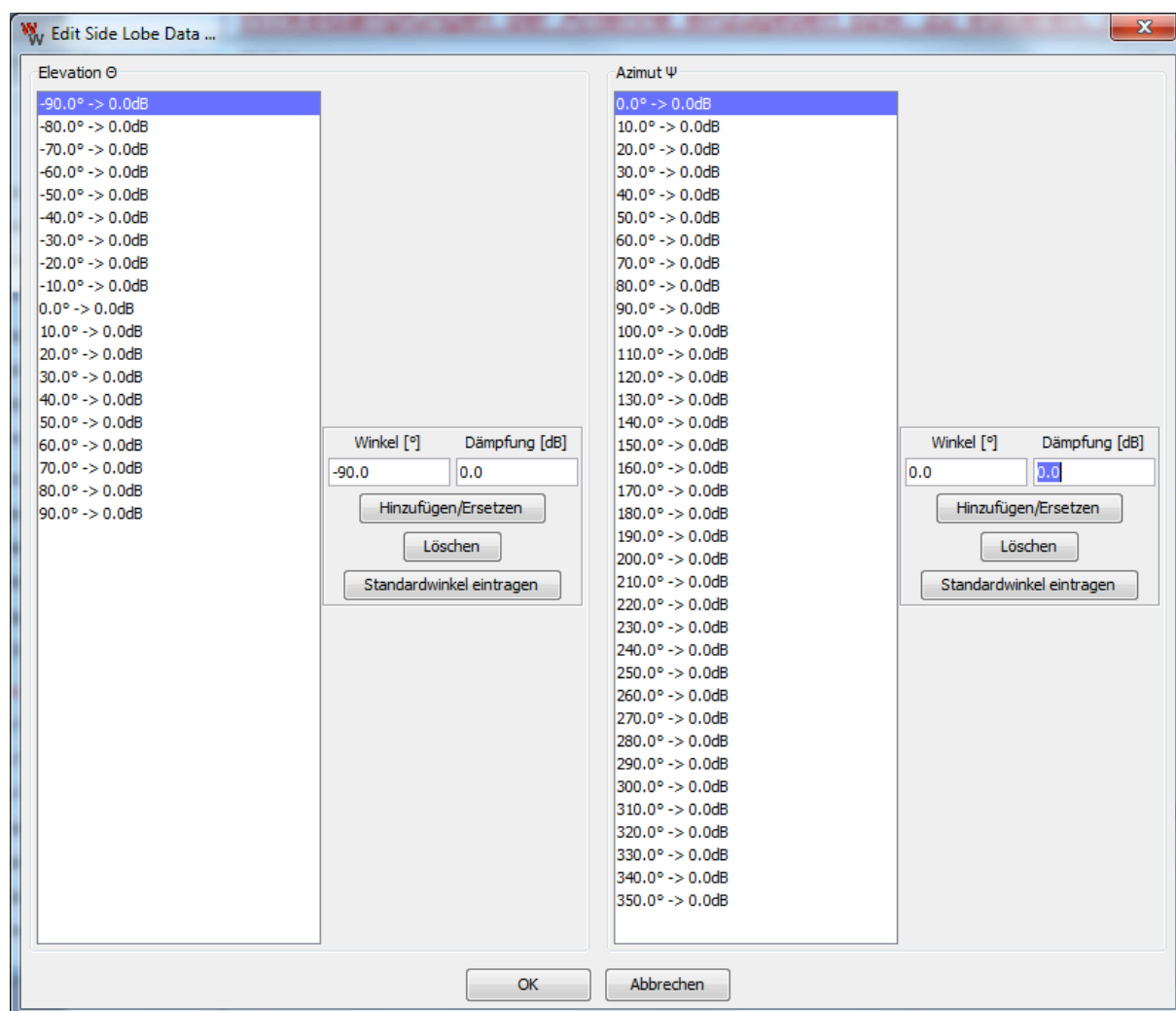


Bild 5.6: Nebenkeulendialog

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

### 5.1.3.3. 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.

The screenshot shows the 'Antenneneditor' window with the following details:

- Hersteller:** Eigenbau
- Modellname:** Test
- Antennentyp:** Yagi
- Anzahl der Elemente:** 3
- 3D Diagram:** A coordinate system with Z (vertical), Y (North), and X (East) axes. Angles  $\theta$  and  $\psi$  are shown relative to the Z and Y axes respectively.
- Frequenzdaten:** A text box containing '145.00 MHz: 14.30 dBi HPBW vert 60.0° HPBW horiz 40.0°'.
- Buttons:** NEC-Daten, Nebenkeulen-Daten, Löschen, Hinzufügen/Ersetzen, OK, Abbrechen.
- Table:**

Frequenz [MHz]	Gewinn [dBi]	HPBW Elevation $\theta$ [°]	HPBW Azimut $\psi$ [°]
145	14.3	60	40

Bild 5.7: Eingabe von Gewinn und Halbwertsbreiten

Die eingegebenen Werte werden mit **Hinzufügen/Ersetzen** in die Frequenzdatenliste eingetragen. Mit **OK** werden diese Daten in die entsprechenden Felder übernommen. Im erscheinenden Dialog die Angaben nochmals bestätigen und mit **OK** übernehmen. Da die Antennenliste geändert wurde, bietet Watt-Wächter automatisch an, diese geänderte Liste zu speichern.

#### 5.1.3.4. 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.

Über **Speichern** wird die Antenne in der Liste in eine XML-Datei geschrieben. Dies ist die Datei, in der die Antennen des Funkamateurs gespeichert sind. 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]* öffnen ein Dialogfeld zur Eingabe der Standortdaten der Antenne.

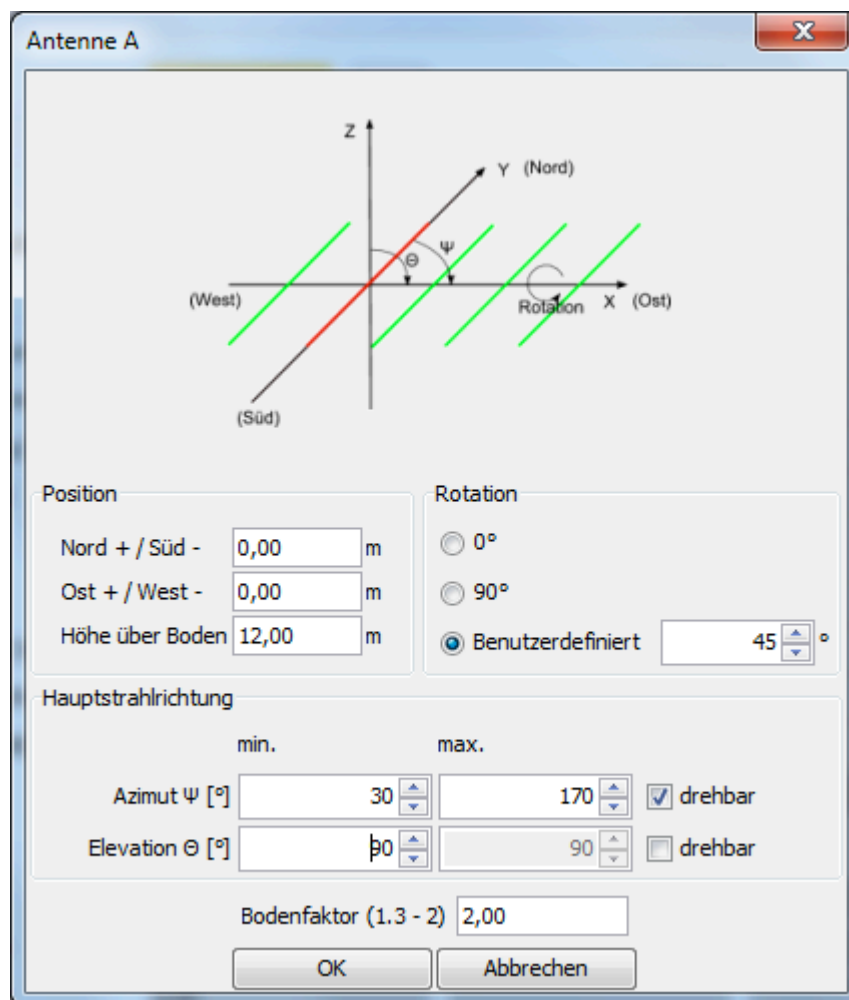


Bild 5.8: Standort-Dialog

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. 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.

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:** Bei Eingabe der Winkel ist auf die Skizze zu achten, da die Ausrichtung der Antenne, wie sie z.B. in NEC berechnet wurde von der Antennenklasse abhängt. So sind Dipolantennen beispielsweise stets entlang der y-Richtung ausgerichtet, gerichtete Antennen (z.B. Yagi-Antennen) haben ihre Hauptstrahlrichtung entlang der x-Achse.

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  $0^\circ$  bedeutet, die Elemente der Yagi-Antenne sind parallel zum Boden ausgerichtet, bei  $90^\circ$  senk-

recht 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.

The screenshot shows a Windows-style dialog box titled "Sendeart Antenne A". Inside, there are two main sections. The first section, "Sendeart (VDE 0848 Teil 3-1/A1)", contains eight radio button options: CW, AM, TV, DTX, SSB (which is selected), FM, GSM, and "alle Betriebsarten". The second section, "Sende-/Empfangs-Zyklus (in Minuten)", contains six radio button options: Tx6 - Rx0 (selected), Tx4 - Rx2, Tx2 - Rx4, Tx5 - Rx1, Tx3 - Rx3, and Tx1 - Rx5. Below these sections is a text input field labeled "Sendeleistung PEP [W]" with the value "120,0" entered. At the bottom of the dialog are two buttons: "OK" and "Abbrechen".

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 Kabeldialog.

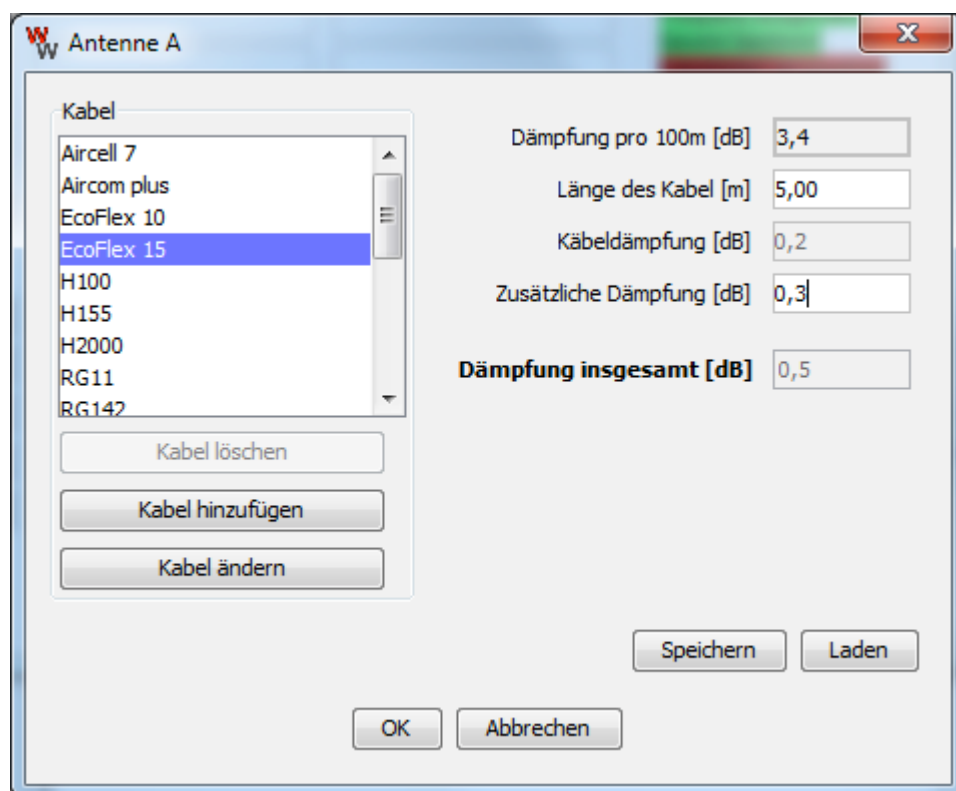


Bild 5.10: Kabeldialog

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.

BNetzA Watt Wächter - d:\ww20110602.xml (erweiterter Modus)

Datei

A x B x C x D x

Antenne

Antenne	144-03	17430	OB2-30S2	
Antennengewinn [dBi]	7,02	15,87	6,94	
Feld-Daten	Pattern	Pattern	NEC	

Antennenstandort und Ausrichtung

Standort der Antenne	0m S 0m W	2m N 0m W	2m N 3m O	
Hauptstrahlrichtung [Grad]	30,0 - 170,0	0,0	0,0	
Antennenhöhe [m]	12,00	9,00	10,00	

Senderdaten

AFu-Band [MHz]	144,0	430,0	10,1	
Sendeleistung PEP [W]	100,0	120,0	100,0	
Modulation und Tx/Rx-Zyklus	SSB 6/0	SSB 6/0	SSB 6/0	
Leitungsverluste [dB]	1,50	0,74	0,34	
EIRP [W]	356	3910	457	

Ergebnis

Faktor F(B)	1,00	1,00	1,00	
Faktor F(modPers)	1,00	1,00	1,00	
Faktor F(modHSM)	2,00	2,00	2,00	
Schutzabstand (Pers) *				
Schutzabstand (HSM) *				

\* ab Speisepunkt

Antenne aktiv ☐ ☐ ☒ ☐

Benutzerdaten  
3 Antennen  
Antenne C  
Antenne ausgewählt  
Frequenz ausgewählt  
Gewinn bestimmt  
Kabeldaten eingegeben  
Ausrichtung eingegeben  
Senderdaten eingegeben

Benutzerdaten  
Berechnen

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.

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:

BNetzA Watt Wächter: Berechnung

Datei Ansicht

Feldbereich

☐ Horizontal (0 - hmax)

☒ Horizontal

☐ Vertikal

☐ Benutzerdefiniert

Berechnungshöhe [m]:  
10,00

Verschiebung X [m]:  
0,00

Verschiebung Y [m]:  
0,00

Berechnungsgröße [m]:  
40,00

Bitte Feldbereich und Feldtyp auswählen  
**Knopf <Berechnen> betätigen**

Feldtyp

☐ E-Feld

☐ H-Feld

☒ Schutzbereich (Pers.)

☐ Schutzbereich (HSM)

Schutzabstand: Übernehmen Übernehmen

Berechnen Anzeige fertigen

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



### 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.

**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, ...) 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

### 5.2.2.1. Horizontal (0-hmax)

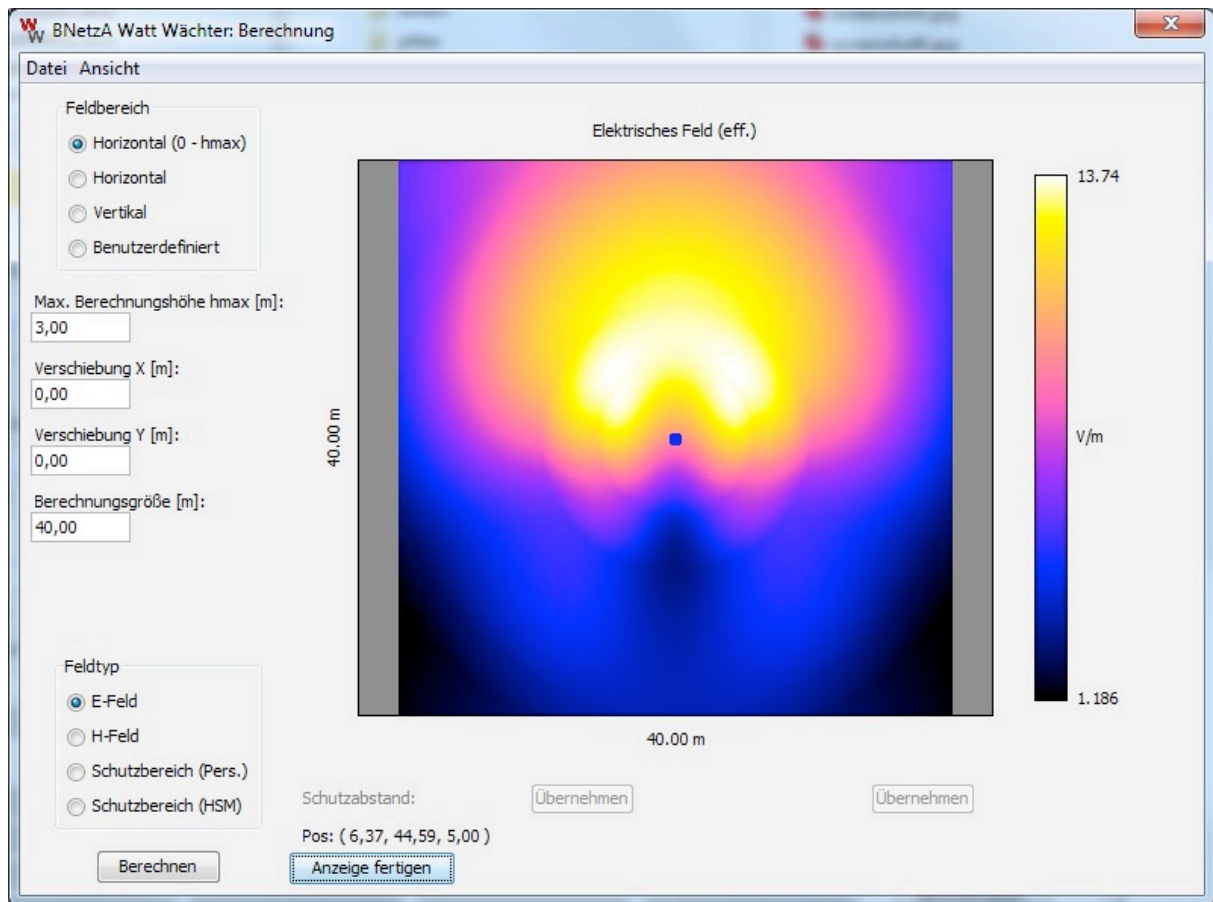


Bild 5.13: Horizontalschnitt (0-hmax)

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 verschieden Farbskalen einstellen.

Über *Datei* → *Bild speichern* kann das angezeigte Bild als \*.png gespeichert werden. Der Dateityp bestimmt sich durch die Endung, d.h. gif bzw. png sollte mit eingegeben werden. Wird keine Endung eingegeben, wird standardmäßig \*.png verwendet.

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.

### 5.2.2.2. 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.

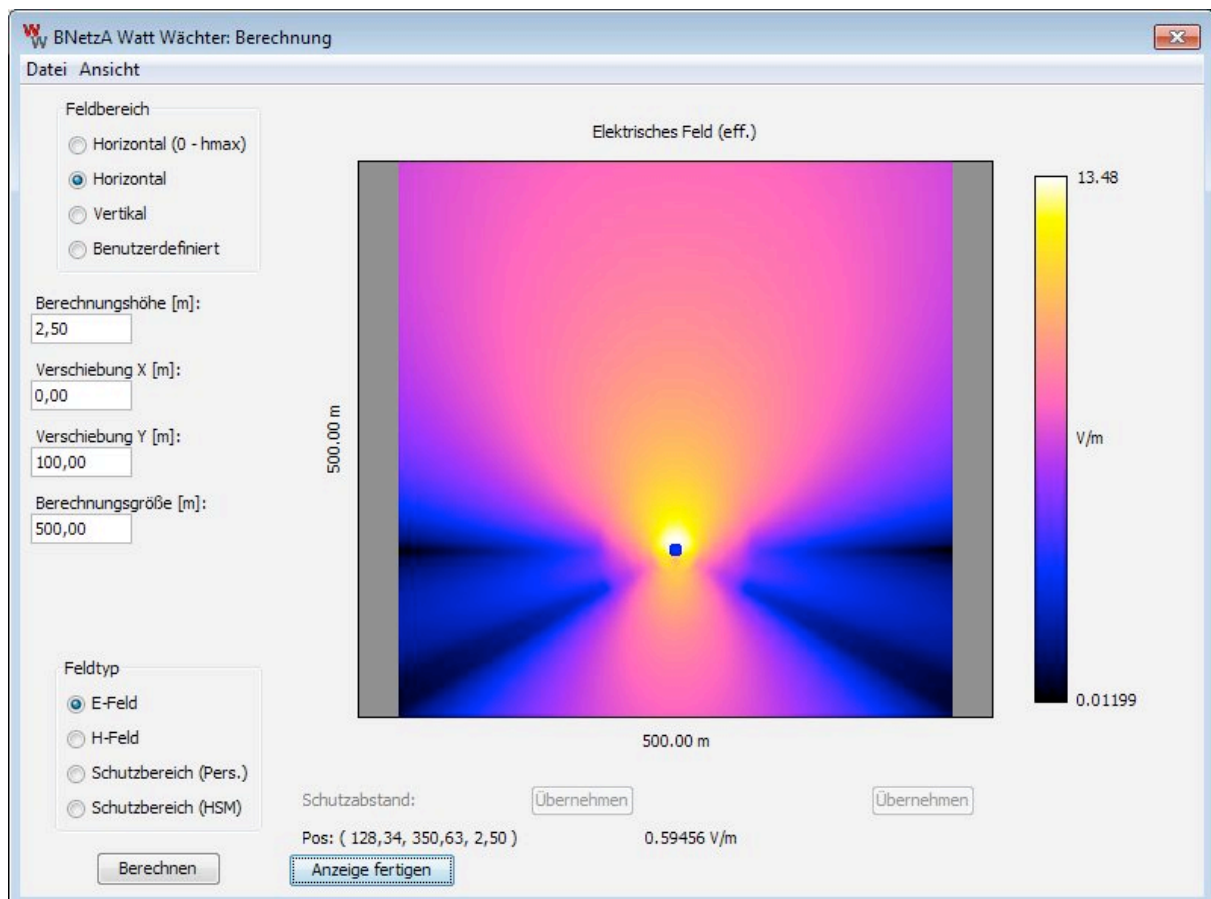


Bild 5.14: Horizontalschnitt in 2,5 m

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.

### 5.2.2.3. Vertikalschnitt

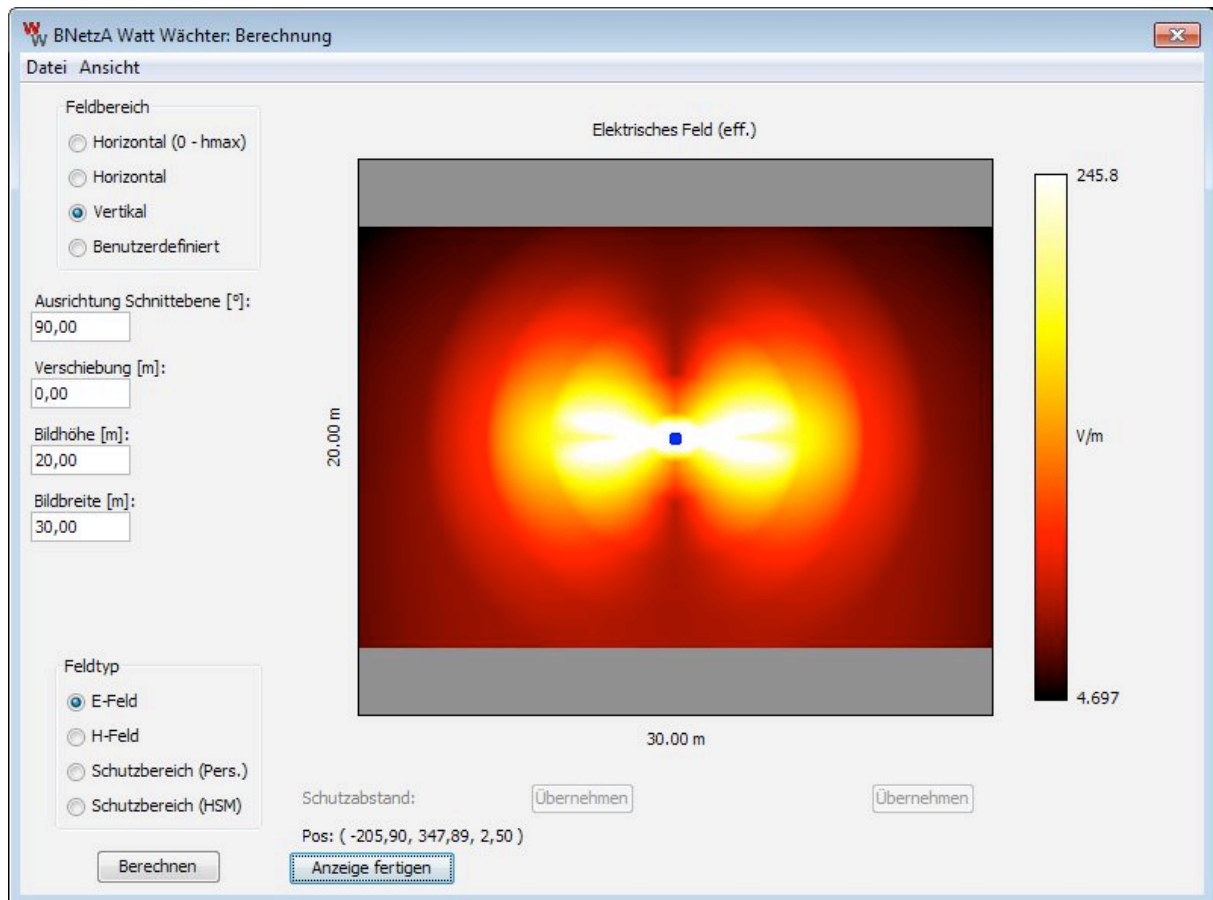


Bild 5.15: Vertikalschnitt

Gezeigt ist das elektrische Feld in einem Vertikalschnitt entlang der x-Achse (**Azi-  
mutwinkel**=90°), 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 **Farb-  
skala Hot** anstelle von RGB verwendet, der Maßstab ist linear.

#### 5.2.2.4. Benutzerdefinierte Schnittebene

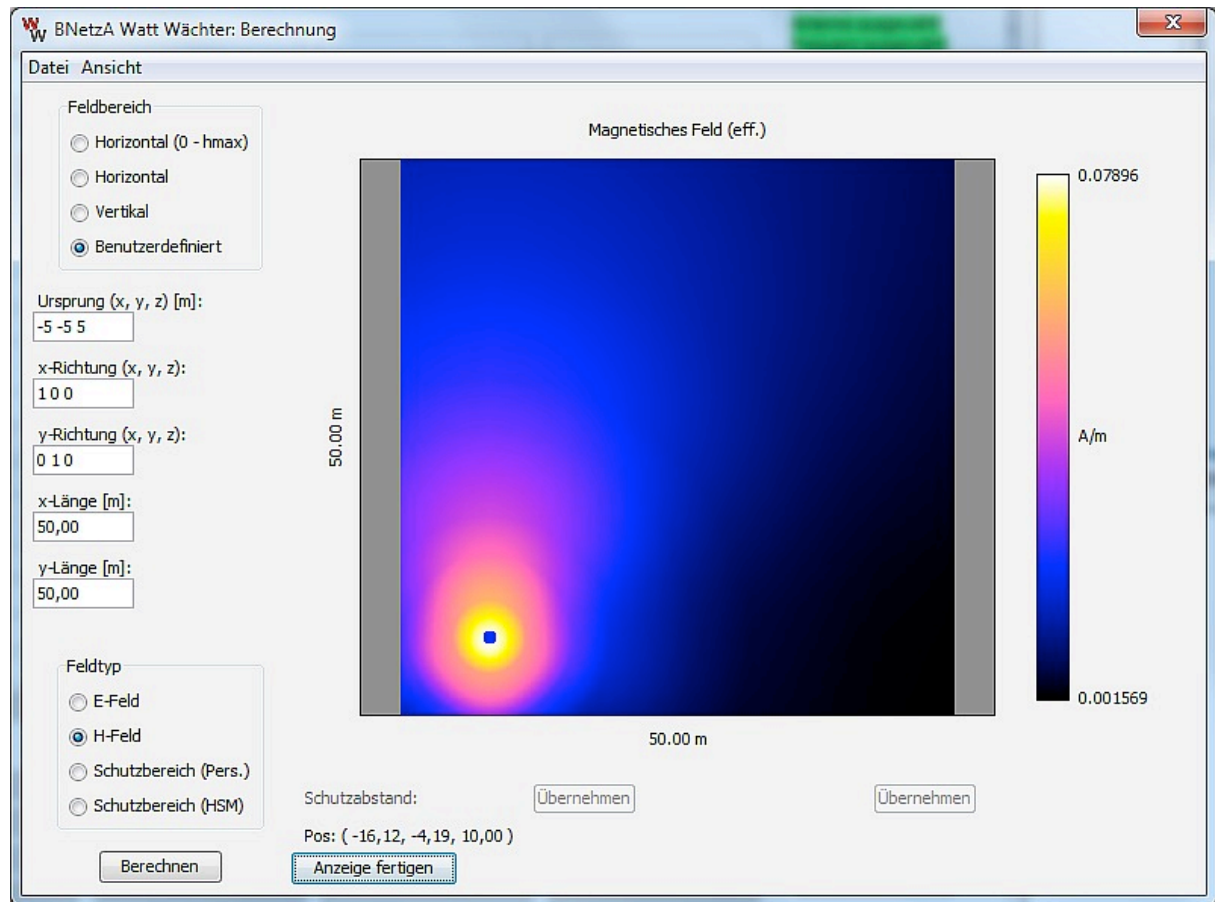


Bild 5.16: Benutzerdefinierte Schnittebene

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 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

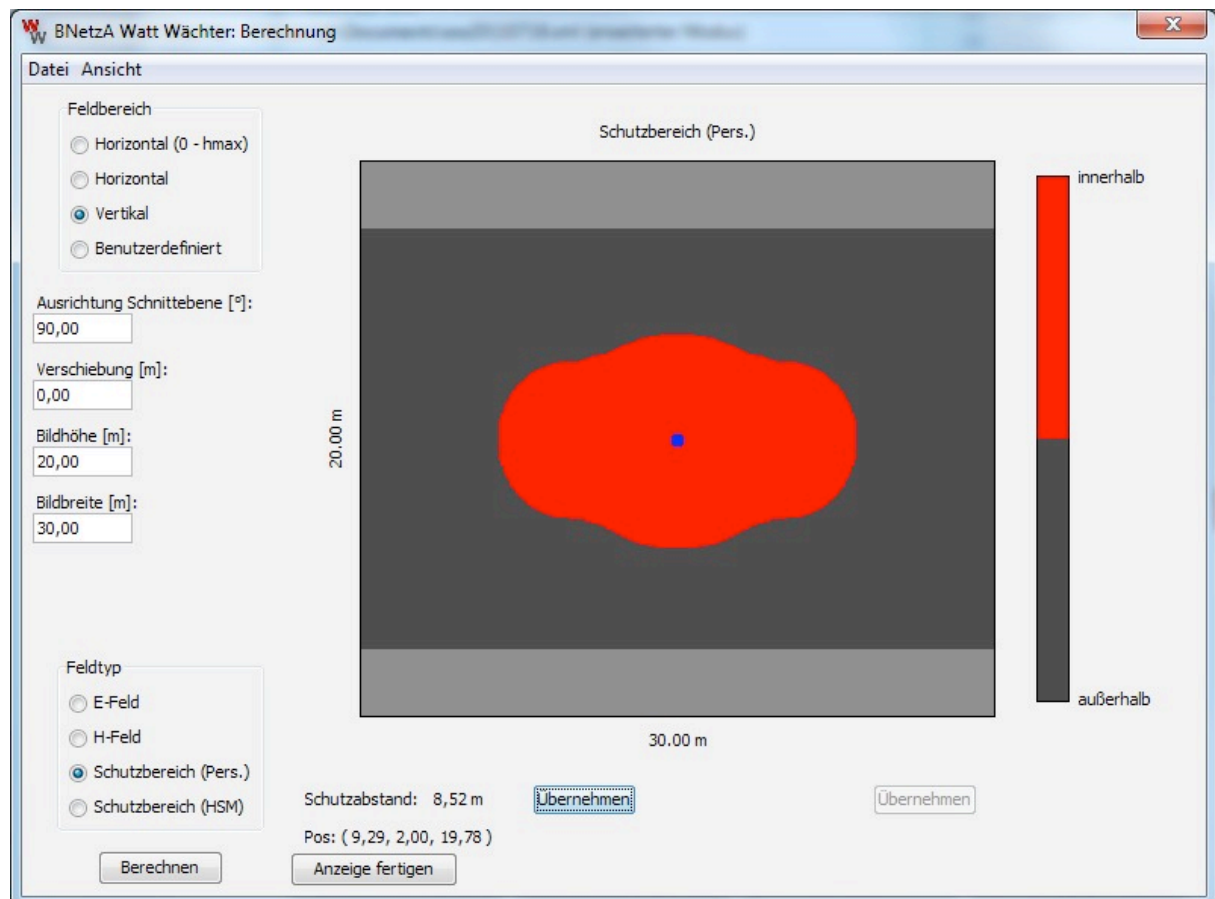


Bild 5.17: Darstellung des Schutzbereiches (Pers.) im Vertikalschnitt

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



### 5.3.2. Horizontalschnitt

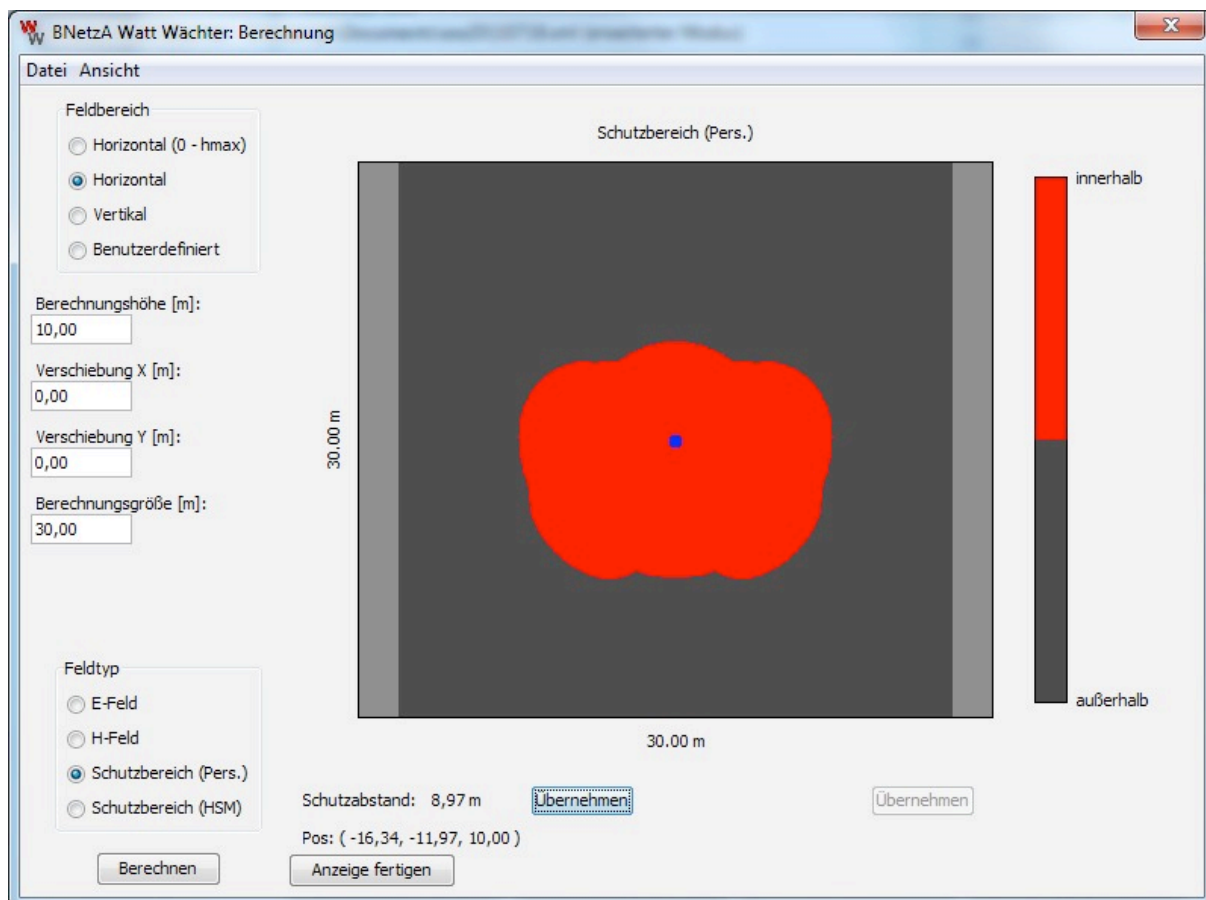


Bild 5.18: Ausgabe des Schutzbereiches (Pers) im Horizontalschnitt in 10 m Höhe

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.

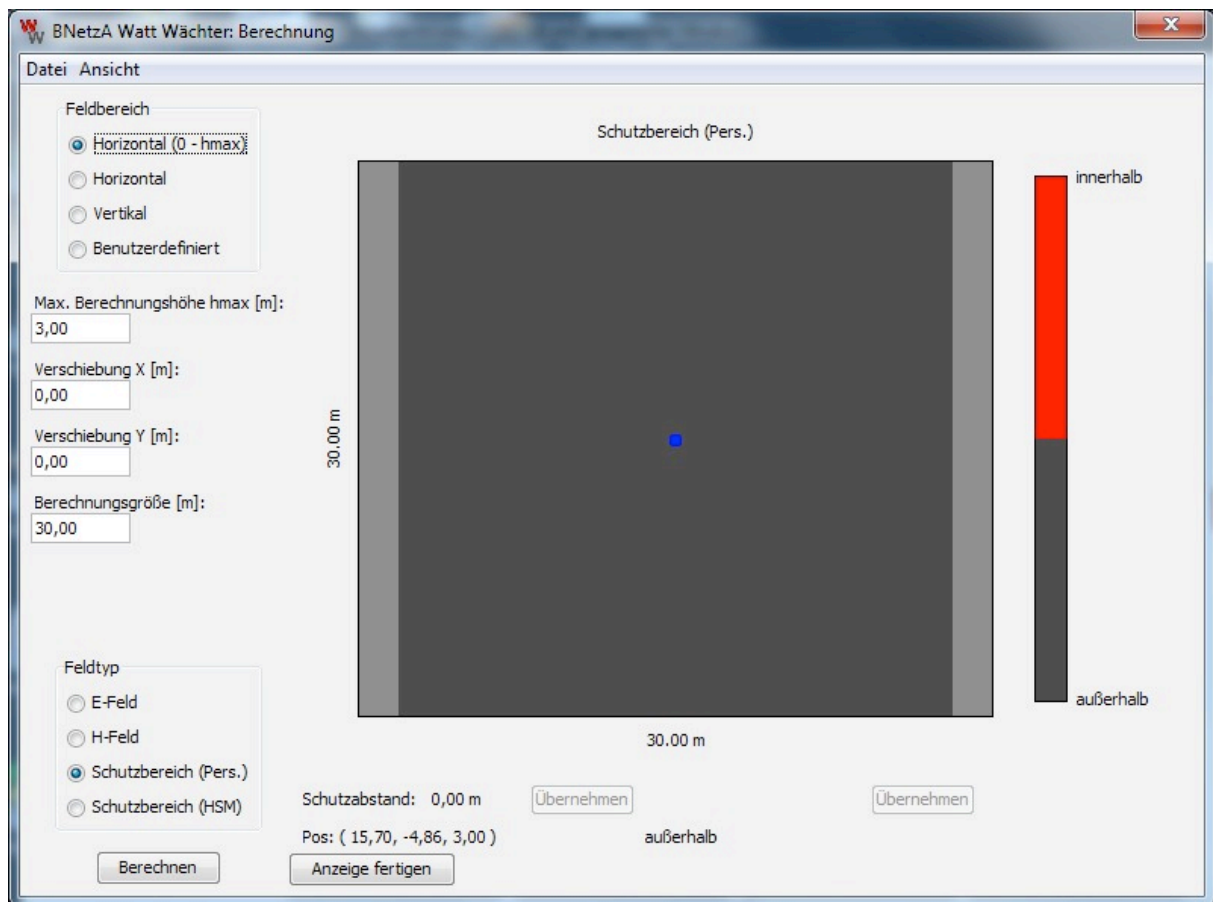


Bild 5.19: Ausgabe des Schutzbereiches (Pers.) im Horizontalschnitt in 0-3 m Höhe

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. 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.

## **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.

**Bild 6.1: Eingabe der Benutzerdaten im Assistenten-Modus**

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 Schutzgebietes 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

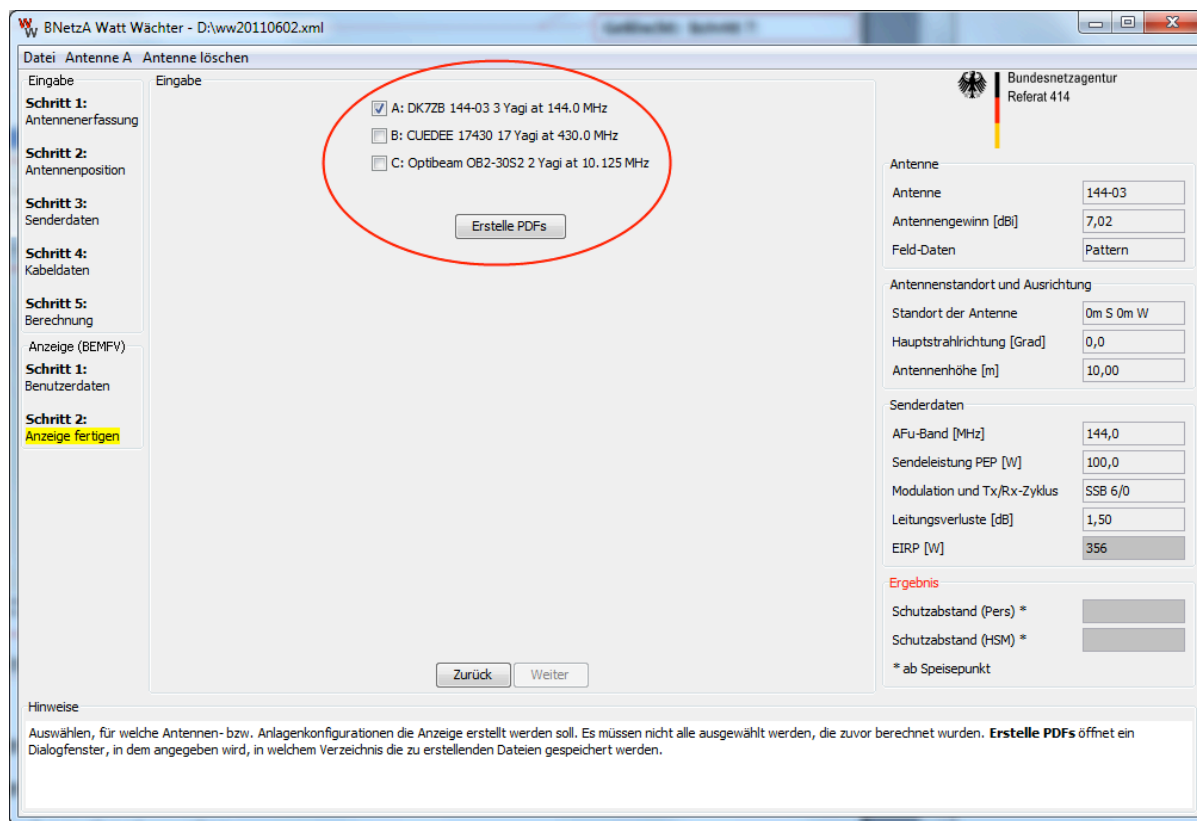


Bild 6.3: Anzeige fertigen im Assistenten-Modus

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 erstellen- den Dateien gespeichert werden.

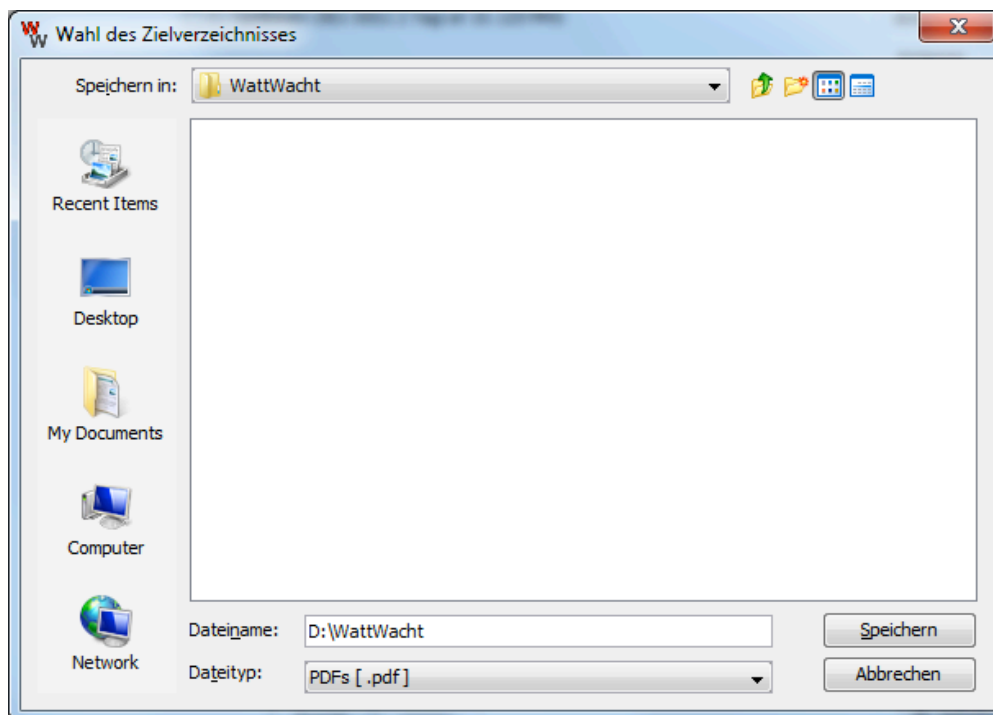


Bild 6.4: Auswahldialog zur PDF-Erstellung

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.

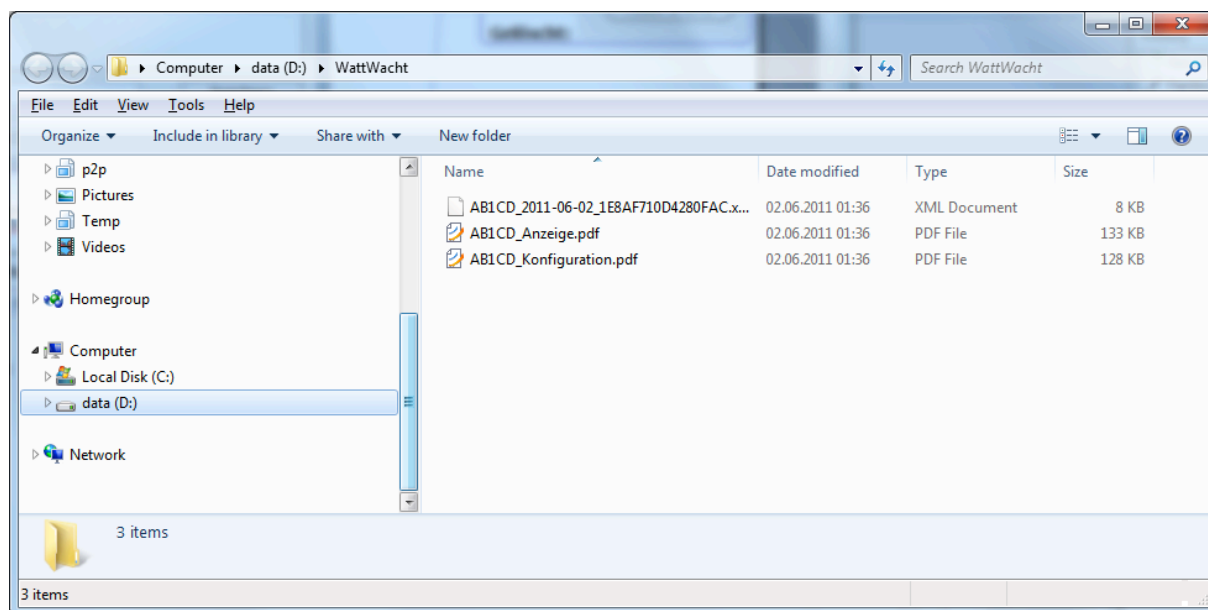


Bild 6.5: Erstellte PDF-Dateien

### 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:

#### 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	CUEDEE 17430					
2	Montagehöhe der Senderantennenunterkante über Grund in Metern:	12.00	9.00					
3	Hauptstrahlrichtung N über O in Grad:	0.0	0.0					
4	Betriebsfrequenz in MHz:	144.0	430.0					
5	Senderleistung (Spitzenleistung, PEP) in Watt:	100.00	120.00					
6	Sendart (Modulationsart):	SSB	SSB					
7	Faktor $F_{\text{modPers.}}$ :	1.0	1.0					
8	Faktor $F_{\text{modHSM}}$ :	2.0	2.0					
9	Äquivalenter isotroper Antennengewinn in dB:	7.02	15.87					
10	Verluste zwischen Senderausgang und Antenneneingang in dB:	1.50	1.08					
11	ggf. Winkeldämpfung in dB:							
12	ggf. Faktor $F_{\text{A}}$ :	1.00	1.00					
13	Sicherheitsabstand Personenschutz in Metern:	3.28	2.13					
14	Sicherheitsabstand HSM in Metern:	7.32	0.0					

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

87836F9A51E2A5A313BF5FA6F461B79F

Bild 6.6: Beispiel einer Konfigurationsdatei



Seite 1 von 3

Rufzeichen: AB4DF  
Datum: 21.10.2010

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

(zu § 9 BEMFV)

## **Standort der ortsfesten Amateurfunkanlage:**

Beispielstraße 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		0123 45 67 88
(Straße, Hausnummer)		(Telefax) *
15678	Musterstadt	
(PLZ, Ort)		
AB4DF		A
(Rufzeichen)		(Amateurfunkzeugnisklasse)

Die o.g. ortsfeste Amateurfunkanlage wurde bisher 1 mal angezeigt  
Datum der letzten Anzeige:

11.11.2001

Bild 6.7: Beispiel einer Anzeige-Datei, Seite 1

Rufzeichen: AB4DF  
Datum: 21.10.2010

### Verwendete Frequenzbereiche

Ich führe in den folgenden Frequenzbereichen Sendebetrieb durch:

Frequenzbereich		Sende- betrieb	max. EIRP*)
135,7 - 137,8	kHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
1810 - 1890	kHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
3500 - 3800	kHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
7000 - 7100	kHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
10100 - 10150	kHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
14000 - 14350	kHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
18068 - 18168	kHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
21000 - 21450	kHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
24890 - 24990	kHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
28 - 29,7	MHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
50,08 - 51	MHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
144 - 146	MHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	100,0 W
**) _____			0,0 W

Frequenzbereich		Sende- betrieb	max. EIRP*)
430 - 440	MHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	120,0 W
1240 - 1300	MHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
2320 - 2450	MHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
3400 - 3475	MHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
5650 - 5850	MHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
10 - 10,5	GHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
24 - 24,25	GHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
47 - 47,2	GHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
75,5 - 81	GHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
119,98 - 120,02	GHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
142 - 149	GHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
241 - 250	GHz	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	0,0 W
**) _____			0,0 W

Zutreffendes bitte ankreuzen

\*) In das Feld max. EIRP ist die höchste pro Frequenzbereich verwendete Sendeleistung als äquivalente isotrope Strahlungsleistung einzutragen.

\*\*) In diese Felder können Frequenzen eingetragen werden, die aufgrund von Sonderzuweisungen genutzt werden.

Die maßstäbliche zeichnerische Darstellung des kontrollierbaren Bereichs und falls zutreffend des Ergänzungsbereiches (§ 8 Abs. 3 Nr. 1 BEMFV) sind beigelegt.

Diese Anzeige umfasst insgesamt:

Seiten

(Unterschrift)

87836F9A51E2A5A313BF5FA8F461B79F

Bild 6.8: Beispiel einer Anzeige, Seite 3

**Wichtig:** Die PDF-Formulare sollten auf Vollständigkeit überprüft werden, insbesondere sind die entsprechenden benutzten **Frequenzen des Sendebetriebs mit „Ja“ anzukreuzen**.

Die Zeile 14 (*Schutzabstand HSM in m*) des Konfigurationsblattes verbleibt leer! Abschließend sind die Formulare durch den Anzeigeersteller zu unterschreiben.

## 7. Hinweise zum Erstellen eigener Antennendatenmit 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 xz-Ebene.

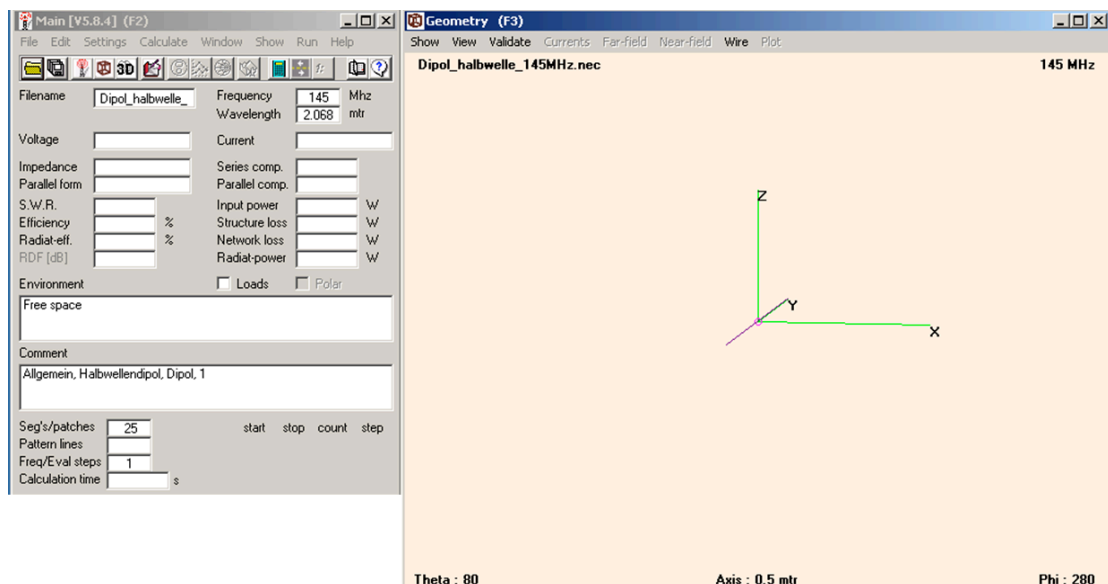


Bild 7.1: Beispiel eines Dipols in NEC2

## 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!
- Es können beliebig viele weitere Nahfelder mit anderer Diskretisierung berechnet werden.

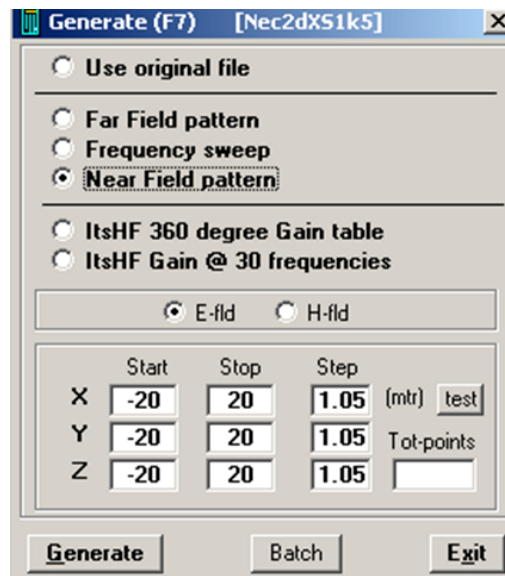
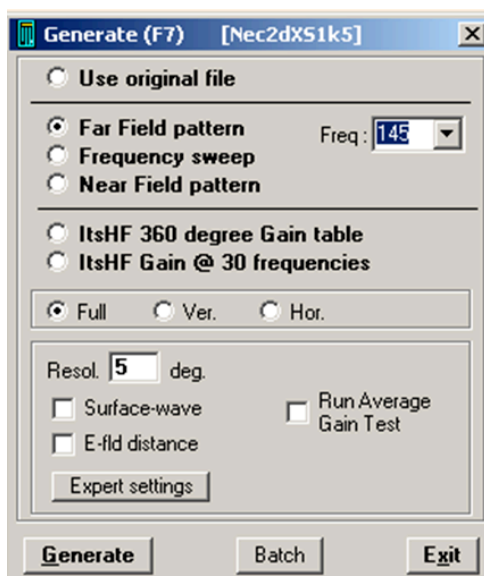


Bild 7.2: Fernfeldeinstellungen in NEC2    Bild 7.3: Nahfeldeinstellungen in NEC2

**Hinweis:** Das würfelförmige Berechnungsgebiet resultiert daraus, dass Wattwächter die kartesischen Koordinaten in Kugelkoordinaten umrechnet. Wir nur ein Quader

angegeben, wird automatisch aus dem Quader nur der größtmögliche Würfel verwendet.

### 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

## 8. 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.

## 9. Abschließende Hinweise

Mit Wattwächter 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.

Der größte Unterschied zur bisherigen Form stellt wohl die neue „Definition“ des Schutzabstandes dar. Anders als bisher wird der Schutzabstand als maximale Aus-

dehnung 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 Wattwächter 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 Hauptebenen, 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 Wattwächter 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 an-

deren Wert mit dem Cursor auszumessen, weil dies seine Konfiguration erfordert. In diesem Fall ist der Benutzer für die übernommen des „richtigen“ Schutzabstandes verantwortlich.

Wattwächter 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.