

# Radio Coverage Prediction for a Wireless IP-based Network in Central Europe

Dipl.-Ing. Ralf Wilke, DH3WR  
60. UKW Tagung Weinheim  
12. September 2015



- Zielsetzung
- Kurzübersicht von Hamnet und hamnetdb.net
- Anwendbare Ausbreitungsmodelle
- Algorithmische Umsetzung
- Benötigte Rechner-Hardware für die Umsetzung
- Integration in die Zielplattform
- Zukünftige Erweiterungen

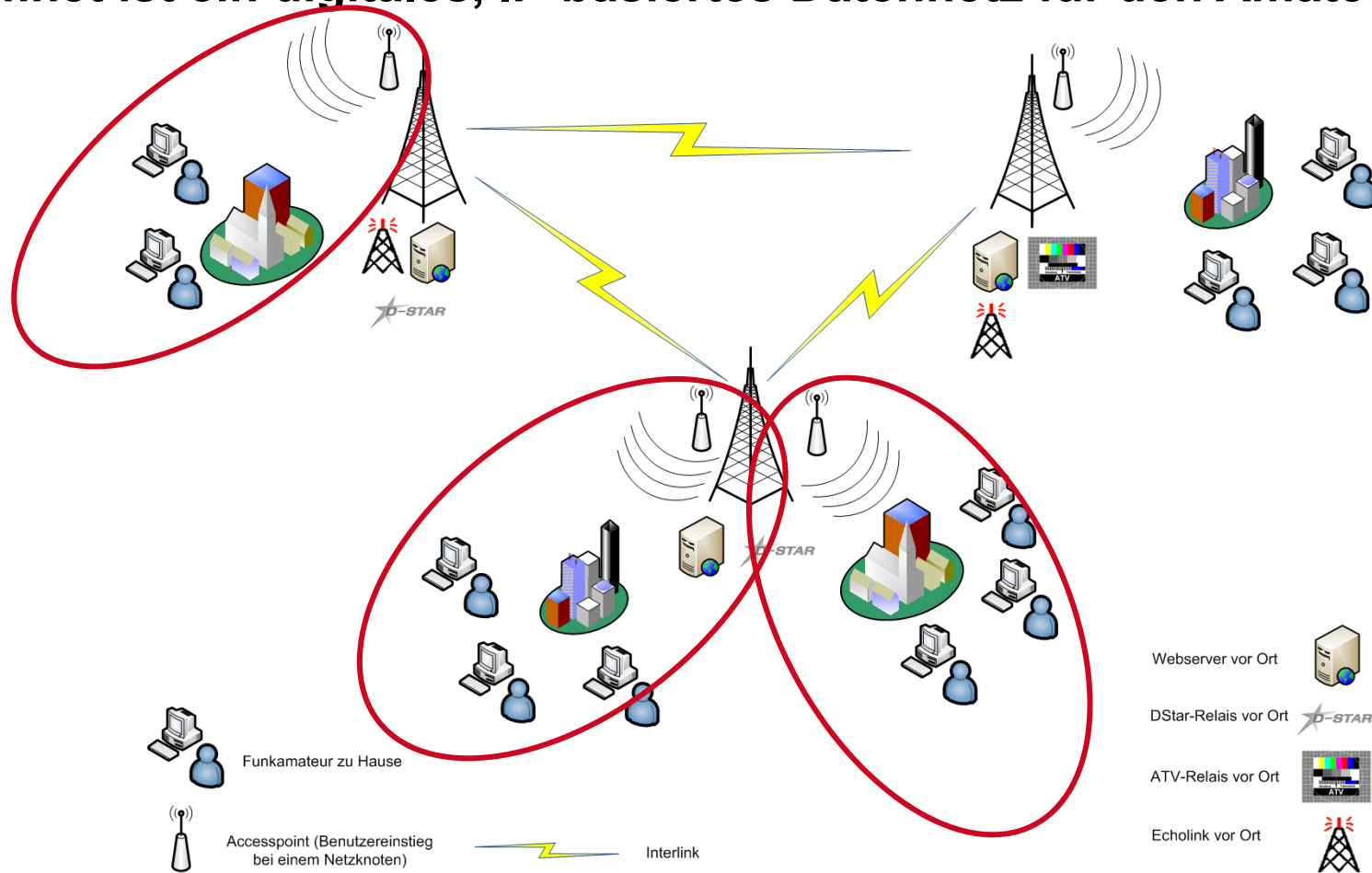


### Was soll erreicht werden?

- Einfache Darstellung des momentanen Versorgungsbereichs mit Hamnet
- Einfache Eingabe der charakteristischen Daten der Access-Points
- Automatisierte Berechnung der Abdeckung
- Datenbestand soll auf der Plattform hamnetdb.net verwaltet werden
- Frequenzabhängige Ausbreitung soll berücksichtigt werden
- Realistische Vorhersage bei Verbindungen mit und ohne Sichtverbindung



## Hamnet ist ein digitales, IP-basiertes Datennetz für den Amateurfunk



Zeichnung: Ralf Wilke DH3WR 4.1.2012



## Verwaltung von IP-Adressen, Links und Domain-Namen

AS Sites Hosts Subnets Utilities Last changes Help Login: dh3wr

Search  AS:  Refresh New Site

Hamnet-DB 3.8 Content is covered by CC BY-NC-SA license

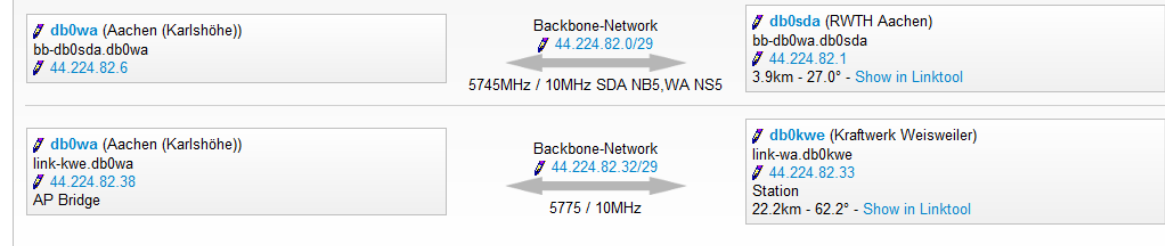
### Standort-Daten

**Site db0wa (Aachen (Karlshöhe))** Show: [Map](#) [Fullscreen Map](#)  OSM

Coordinates: 50.745170,6.044330 - 50°44.71' N 6°2.66' E - 50°44'42" N 6°02'39" E - JO30AR58HU  
 Elevation: 95 m above ground  
 Maintainer: **df5kt,dh3wr,db6ac**  
 User access: **5825/ 10MHz**  
 Antenna-configuration:  
**NW Typ: ubnt-120deg5G16-V Azimuth: 30° Elevation: -5° Frequency: 5825 MHz**

*Last edited 2015-03-25 by dh3wr*

### Link-Strecken



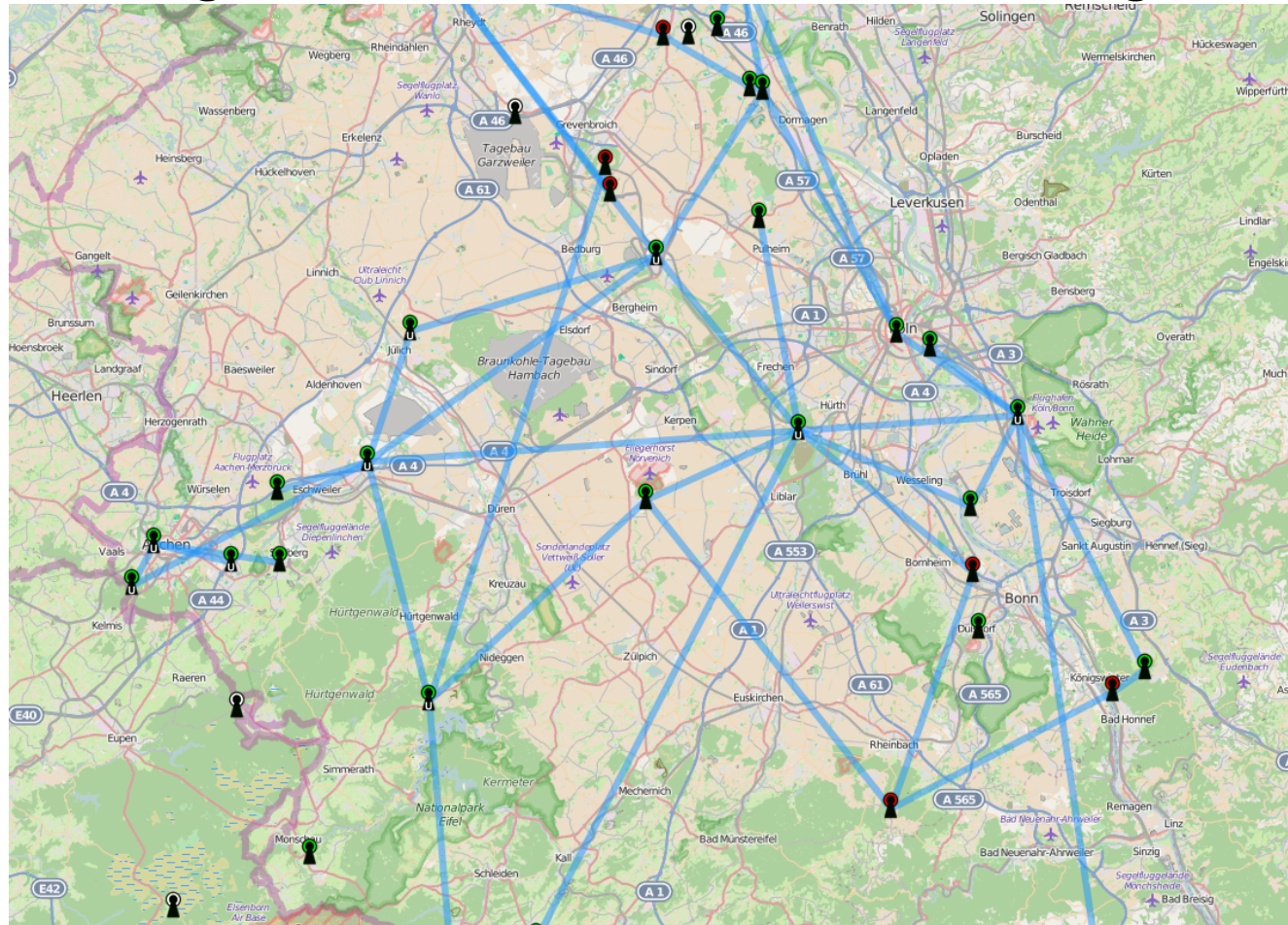
### IP-Adressen und Hostnamen

Contains the following hosts:

Host-IP	M	Hostname	Type	Site	Radio parameters / Comment	Edited
<a href="#">44.224.82.5</a>	●	link-sda.db0wa	Service	db0wa	Station (AirMax)	20d dh3wr
<a href="#">44.224.82.6</a>	●	bb-db0sda.db0wa	Routing-Radio	db0wa		20d dh3wr
<a href="#">44.224.82.38</a>	●	link-kwe.db0wa	Routing-Radio	db0wa	AP Bridge	20d dh3wr
<a href="#">44.224.83.2</a>	●	loopback.db0wa	Service	db0wa		24h dh3wr
<a href="#">44.225.57.36</a>	●	raspager.db0wa	Service	db0wa		224d dh3wr
<a href="#">44.225.164.161</a>	●	core-router.db0wa	Service	db0wa		19d dh3wr
<a href="#">44.225.164.162</a>	●	db0wa	Service	db0wa	Dstar, Echolink, SIP	19d dh3wr
<a href="#">44.225.164.163</a>	●	wlan.db0wa	Service	db0wa	lokaler ISM AP	19d dh3wr



## Kartendarstellung von Standorten und Link-Verbindungen





## Wie kann die Abdeckung der User-Einstiege berechnet werden?

- Es gibt eine Vielzahl von Ausbreitungsmodellen:

Terrain Models	Vegetation Models	Urbane Models
Egli Model (30 – 3000 MHz)	Weissberger's Model (0.2 – 95 GHz)	Young Model (150 – 3700 MHz)
Longley-Rice Model (20 MHz – 20 GHz)	Early ITU Vegetation Model (Note a)	Okumura Model (200 – 1920 MHz)
ITU R-REC P.530 Model (Note a)	Updated ITU Vegetation Model (Note a)	Cost 231 Model (1500 – 2000 MHz)
		Lee Model (900 MHz)



Die Freiraumdämpfung wird durch die sphärische Verteilung der Senderenergie hervorgerufen.

- Abhängigkeit von
  - Wellenlänge (Frequenz)
  - Länge des Funkfeldes

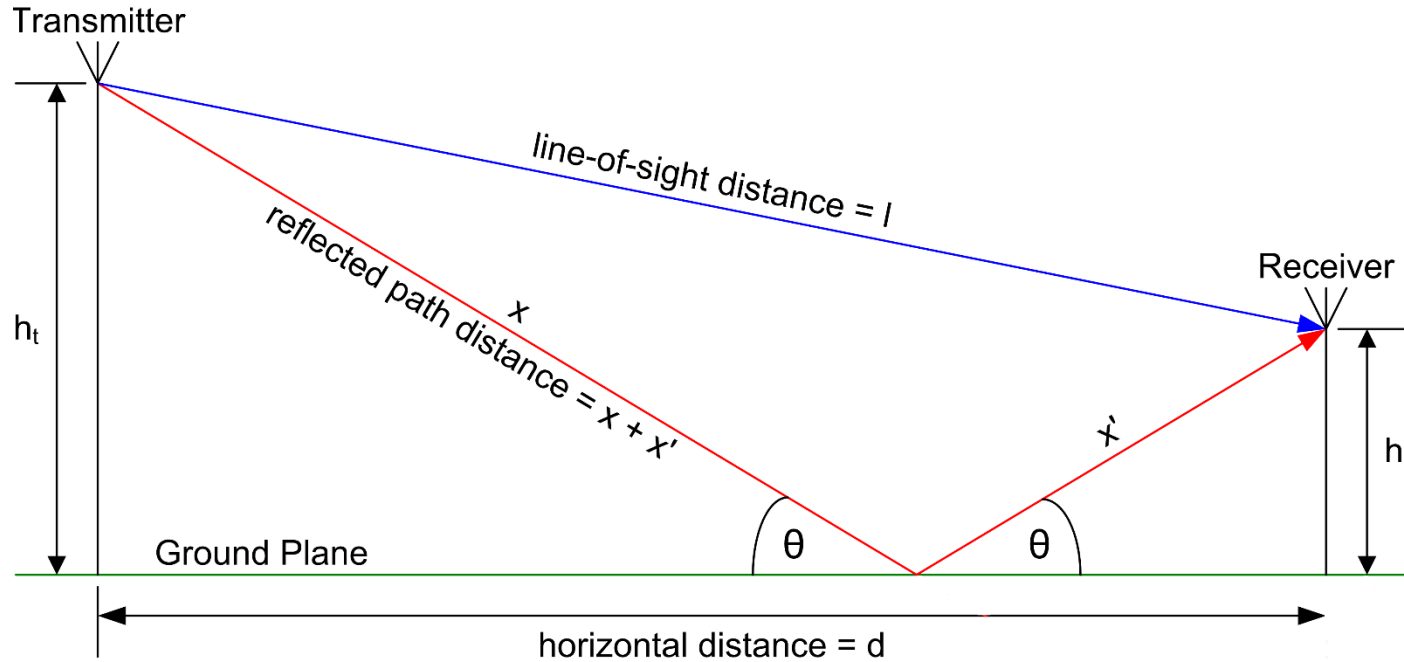
$$\frac{L_{FS}}{dB} = 20 \cdot \log\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right) = -32.4 - 20 \cdot \log\left(\frac{f}{MHz}\right) - 20 \cdot \log\left(\frac{d}{km}\right)$$



# Zwei-Strahlen-Modell



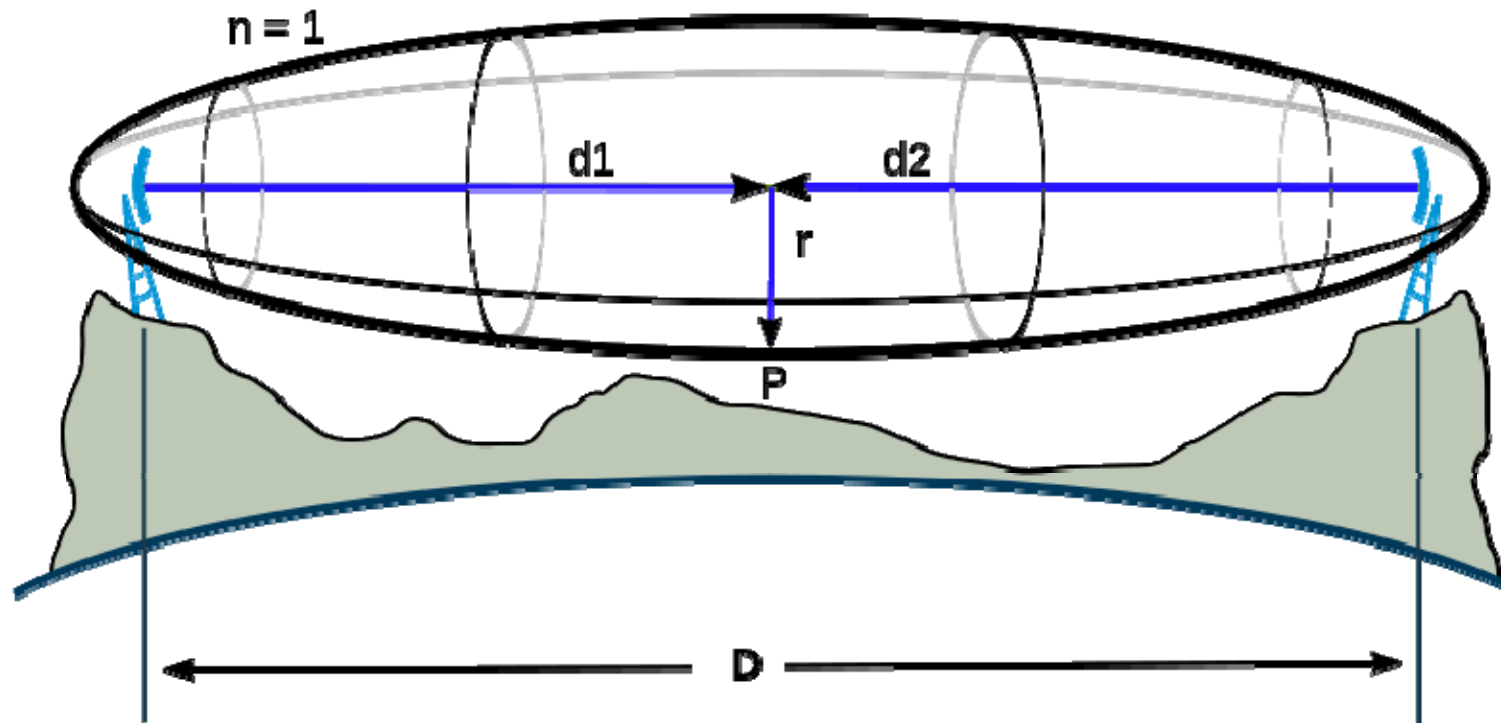
Eine reflektierende Ebene (Boden) erzeugt Interferenz auf der Empfängerseite.



$$\frac{L_{TR}}{dB} = 20 \cdot \log \left( \frac{h_t h_r}{d^2} \right) = -120 - 40 \cdot \log \left( \frac{d}{km} \right) + 20 \cdot \log \left( \frac{h_t h_r}{m^2} \right)$$



Es besteht Sichtverbindung, wenn die 1. Fresnelzone frei von Hindernissen ist.



Die Pfaddämpfung beträgt in diesem Fall:  $\frac{L}{dB} = \min(L_{FS}, L_{TR})$



**Befindet sich ein Hindernis im Funkfeld, so nimmt die Dämpfung zu.**

- Nach ITU R-REC P 530 wird ein rundes Hindernis in der Entfernung  $d_1$  zum Sender und  $d_2$  zum Empfänger berücksichtigt. Dieses Modell ist nur für  $h/F_1 < 0,3$  mit  $F_1$  als Radius der 1. Fresnelzone gültig.

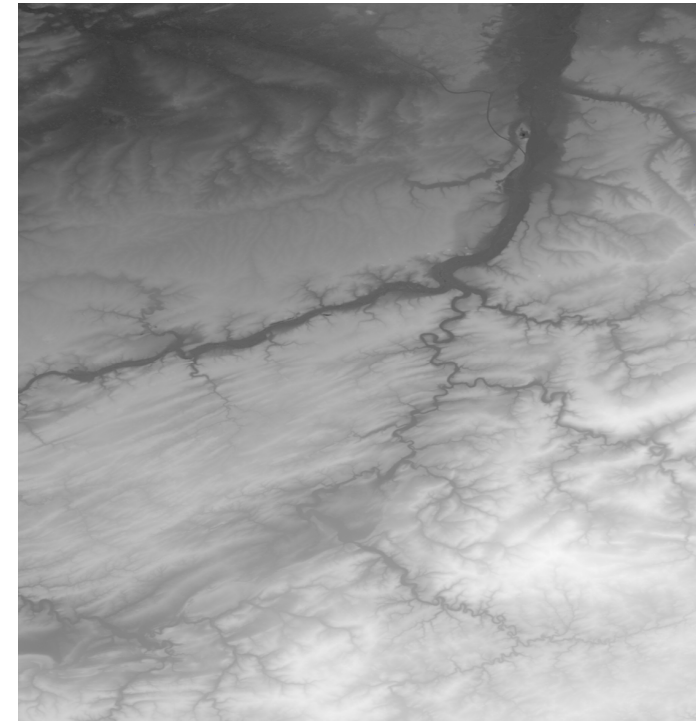
$$\frac{h}{F_1} = \frac{h_{los} - h_{o,max}}{17.3 \sqrt{\frac{d_1/km \cdot d_2/km}{f/GHz \cdot d/km}}}$$

$$\frac{L_{ITU}}{dB} = -20 \frac{h}{F_1} + 10 + L_{FS}$$



**Besteht mehr als ein Hindernis, so muss ein komplexeres Modell angewendet werden.**

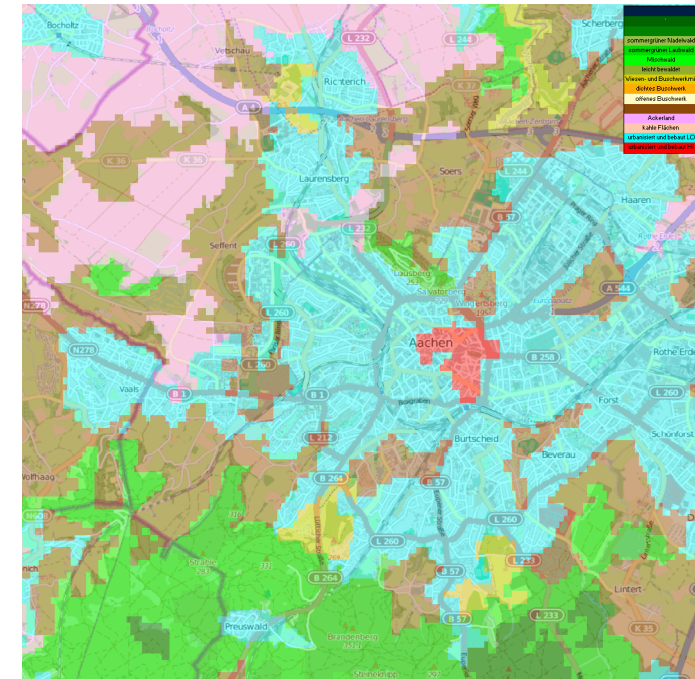
- Das Irregular Terrain Model von Longley und Rice berücksichtigt:
  - 20 MHz bis 20 GHz
  - Entfernungen bis zu 2000 km
  - Sieben Klimazonen
  - Brechung in der Atmosphäre
  - Antennenhöhen bis zu 3 km
- Dieses Modell benötigt genaue Höhendaten des Bodens im Funkfeld.



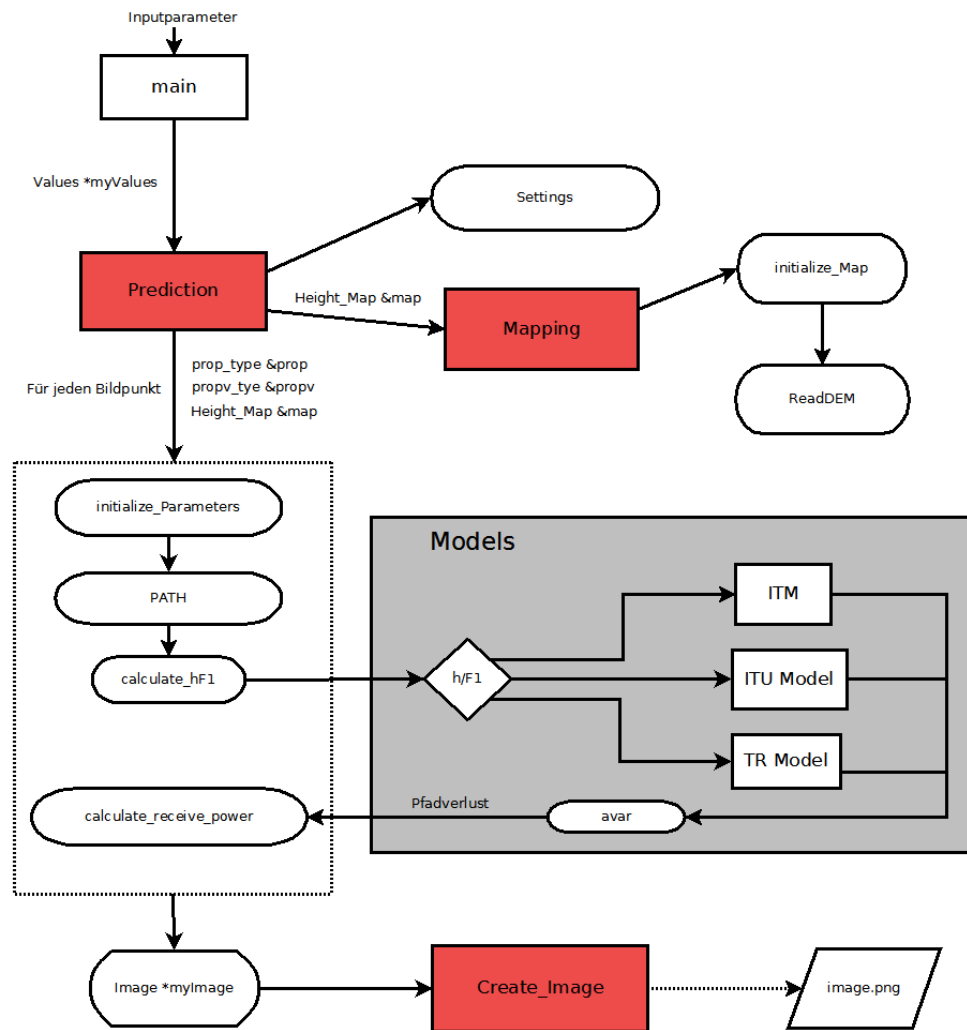


## Die Genauigkeit der Vorhersage hängt von der Präzision der Höhendaten des Bodens ab

- Frei verfügbare digitale Modelle der Bodenhöhe
  - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) von 2000
  - ASTER satellite mission
- Landbedeckungskarten (Wald, Stadt, ...) sind ebenfalls frei verfügbar, aber meist mit geringer Auflösung (ca. 300 m x 300 m pro Pixel)
- Die Daten sind für z.B. Radio Mobile fertig aufbereitet unter <ftp://db0sda.ampr.org/pub/radiomobile> zu erhalten (nur im Hamnet)



# Algorithmische Umsetzung





### Eine genaue Vorhersage ist sehr rechenintensiv

- Die Berechnung bei Nicht-Sichtverbindung berücksichtigt viele Parameter
- Pro Antenne sind 4000 x 4000 Pixel zu berechnen
- Für jeden Pixel wird das Bodenprofil zwischen Pixel-Ort und Sender ermittelt
- Je nach Verlauf (Hindernisse?) werden die passenden Modelle angewendet
- Auf einem modernen Multicore-Laptop dauert die Erstellung ca. 15 Minuten
  
- Umsetzung am Institut für Hochfrequenztechnik:
  - Server-PC mit 24 Kernen
  - 32 GB RAM
  - SSD-Array
  - Rechenzeit pro Sender: ca. 3 Minuten



## Einfache Eingabe der Antennensituation auf hamnetdb.net

Change site 'Kraftwerk Köln' - Mozilla Firefox

hamnetdb.net/form\_site.cgi?id=222

**Change site 'Kraftwerk Köln':**

Callsign:  Location Name:  Type of this site:

Latitude (e.g. 48.0):  Longitude (e.g. 11.0):  or 10-digit Locator:  Hint: [no.nonsense.ee/qthmap](http://no.nonsense.ee/qthmap) is quite useful to pick coordinates

Meters above ground:

Prepare Coverage? Usermanual for radio propagation can be found on the main site under "Help"

-----

**Hamnet User Access / Antenna Configuration**

Label:	Frequency:	Elevation:	Azimuth:	Power:	Antennagain:	Cableloss:	Antennatype:
<input checked="" type="checkbox"/> User-NO	<input type="text" value="5775"/> MHz	<input type="text" value="0"/> °	<input type="text" value="50"/> °	<input type="text" value="24"/> dBm	<input type="text" value="16"/> dBi	<input type="text" value="0"/> dB	<input type="text" value="ubnt-NSM5-H"/> <a href="#">Show selected Pattern</a>
<input checked="" type="checkbox"/> User-SO	<input type="text" value="5675"/> MHz	<input type="text" value="0"/> °	<input type="text" value="100"/> °	<input type="text" value="24"/> dBm	<input type="text" value="16"/> dBi	<input type="text" value="0"/> dB	<input type="text" value="ubnt-NSM5-H"/> <a href="#">Show selected Pattern</a>
<input checked="" type="checkbox"/> User-S	<input type="text" value="5685"/> MHz	<input type="text" value="0"/> °	<input type="text" value="150"/> °	<input type="text" value="24"/> dBm	<input type="text" value="16"/> dBi	<input type="text" value="0"/> dB	<input type="text" value="ubnt-NSM5-H"/> <a href="#">Show selected Pattern</a>
<input checked="" type="checkbox"/> User-NW	<input type="text" value="5805"/> MHz	<input type="text" value="0"/> °	<input type="text" value="340"/> °	<input type="text" value="24"/> dBm	<input type="text" value="16"/> dBi	<input type="text" value="0"/> dB	<input type="text" value="ubnt-NSM5-H"/> <a href="#">Show selected Pattern</a>

[Add additional User Access/ Antenna Configuration](#)  
[Upload/Remove Antenna Pattern](#)

Radio config parameters for user access (only for user information; leave empty without user access):

List of maintainers (callsigns, comma separated):





## Das Strahlungsdiagramm wird bei der Berechnung berücksichtigt

**Change site 'Kraftwerk Köln':**

Callsign:  Location Name:  Type of this site:

Latitude (e.g. 48.0):  Longitude (e.g. 11.0):  or 10-digit Locator:  Hint: [no.nonsense.ee/qthmap](http://no.nonsense.ee/qthmap) is quite useful to pick coordinates

Meters above ground:

Prepare Coverage

**Antenna: ubnt-NSM5-H**

**Azimuth Gain** **Elevation Gain**

Download: [ubnt-NSM5-H.ant](#)

**Hamnet User**

Label:

Label:

Label:

Label:

**Antennentypen:**

- ubnt-120deg2G15-V
- ubnt-120deg5G16-H
- ubnt-120deg5G16-V
- ubnt-120deg5G19-H
- ubnt-120deg5G19-V
- ubnt-90deg2G16-H
- ubnt-90deg2G16-V
- ubnt-LOCOM2-H
- ubnt-LOCOM2-V
- ubnt-LOCOM5-H
- ubnt-LOCOM5-V
- ubnt-NBE-M5-300-Hpol
- ubnt-NBE-M5-300-Vpol
- ubnt-NBE-M5-400-Hpol
- ubnt-NBE-M5-400-Vpol
- ubnt-NSM2-H
- ubnt-NSM2-V
- ubnt-NSM3-H
- ubnt-NSM3-V
- ubnt-NSM5-H

Cableloss:  dB

Cableloss:  dB

Cableloss:  dB

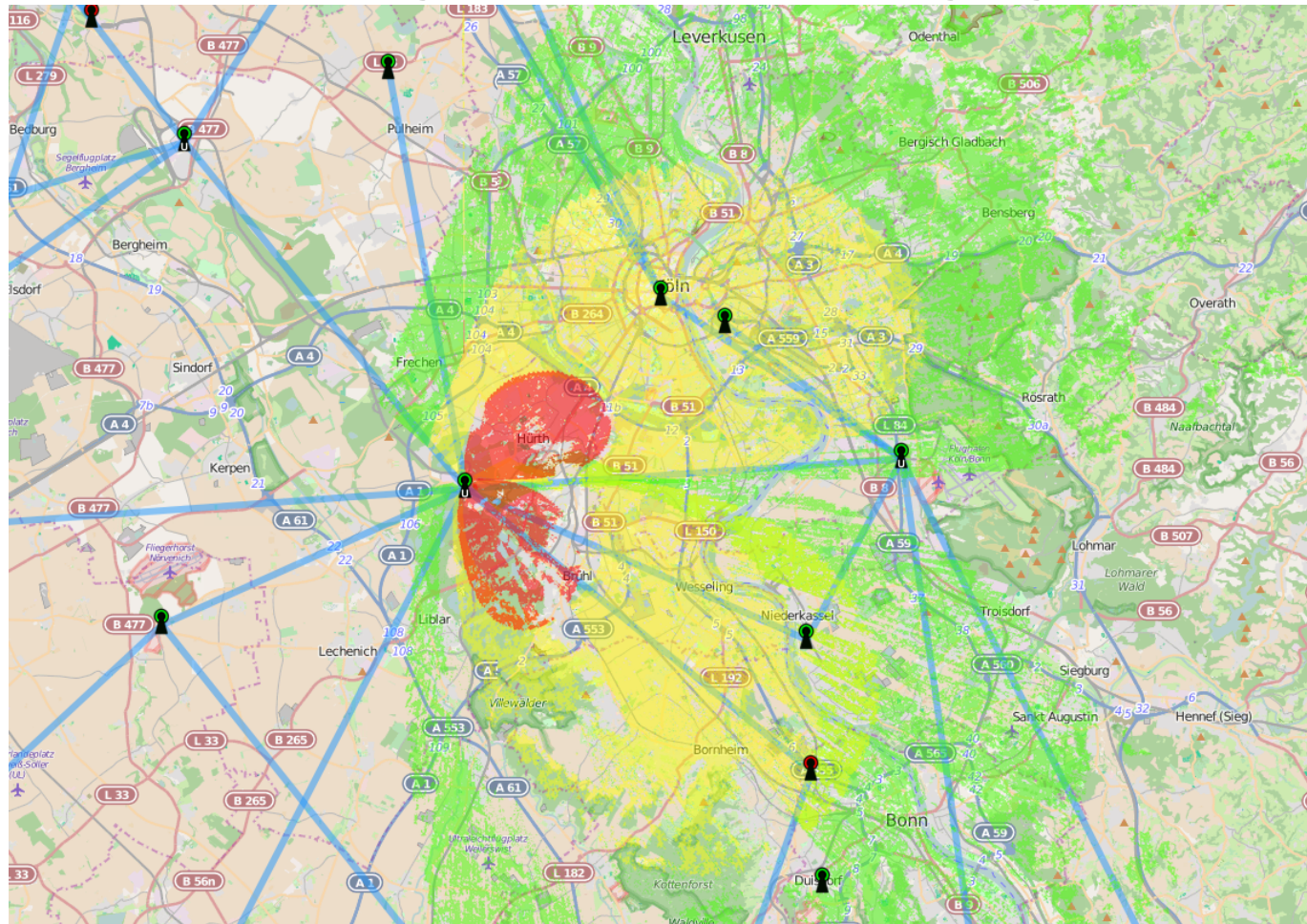
Cableloss:  dB

Radio config parameters for user access (only for user information; leave empty without user access):

List of maintainers (callsigns, comma separated):



## Beispiel DB0KO: Abdeckung Nordost- und Süd-Zugang auf hamnetdb.net





### Wie kann man das System noch anderweitig produktiv benutzen?

- Es können prinzipiell auch weitere Abdeckungen berechnet werden, z. B.
  - FM Relais
  - DStar- und DMR-Relais
  - APRS-Digis
  - Funkruf-Sender
- Dazu evtl. Anpassung des Quellcode an die Frequenzbereiche
- Fraglich: Integration in hamnetdb?
  - Eigentlich nur für Hamnet gedacht
  - Zur Not auf einer eigenen Plattform, die Ihre Daten aus der hamnetdb bezieht?

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Ralf Wilke DH3WR [rwth-afu@online.de](mailto:rwth-afu@online.de)