

**Analyse der aktuellen Mobilfunkversorgung
in der Gemarkung Altusried
in Hinblick auf ein Immissionsminimierungskonzept**

Auftraggeber	Markt Altusried durch: 1. Bürgermeister Herrn H. Kammel Rathausplatz 1 87452 Altusried
Auftragnehmer	Umweltphysikalische Messungen GbR Lohstraße 170 A 23617 Stockelsdorf
Durchführung	Dr. Lebrecht von Klitzing
Messzeitraum	Samstag, 7.2.2009, 10:00 h – 16:30 h Montag, 9.2.2009; 9:20 h – 17:30 h
Wetterlage	7.2.2009: bewölkt, Hochnebel 9.2.2009: sonnig, leicht bewölkt

Das Gutachten umfasst 53 Seiten

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	3
2 Technik und Grenzwerte	4
3 Durchführung der Messungen	5
4 GSM-Sendeanlagen in Markt Altusried	7
5 Kennzeichnung der Messpunkte	8
6 Messergebnisse	12
7 Zur Beurteilung der Messergebnisse	12
8 Aktuelle GSM-Versorgung	14
9 Konzept der Immissionsminimierung	15
Anhang	21
I Spektrogramme	21
II Ausführliche Messwerttabellen	38
Literatur	49
Fotos der Messpunkte	50

1 Einleitung

Am 30.01.2009 beauftragte Herr Bürgermeister Kammel die *Umweltphysikalische Messungen GbR*, 23617 Stockelsdorf, eine Analyse der derzeitigen Mobilfunkversorgung in der Gemarkung Altusried durchzuführen.

Dieser Auftrag umfasst eine Überprüfung der vorhandenen GSM-Mobilfunknetze vor Ort als Planungsgrundlage für mögliche Ergänzungen der derzeitigen GSM-Infrastruktur unter dem Gesichtspunkt der Immissionsminimierung.

Gemäß Angebot vom 10. 01. 2009 umfasst der Auftrag:

1. Ermittlung der aktuellen Mobilfunkversorgung in der Gemarkung Altusried durch eine frequenzselektive Spektrumanalyse
2. Optimierungsprognose für evtl. neue, sowie vorhandene Anlagen mit dem Ziel einer HF-Immissionsminimierung für die Gemarkung Altusried.

zu 1.)

Mittels frequenzselektiver Spektrumanalyse lässt sich die betreiberspezifische Versorgung ermitteln. Damit können folgende Fragen beantwortet werden:

- 1.1 Von welchen selektiv ermittelten Sendeanlagen erfolgt eine ausreichende Mobilfunkversorgung an den verschiedenen Messpunkten?
- 1.2 Wie hoch sind die aktuellen Sendeanlagen ausgelastet bzw. wie ist der tatsächliche Nutzungsbedarf vor Ort?

zu 2.)

Das Konzept einer Immissionsminimierung hat das Ziel, die „out-door“ - Leistungsflussdichte der GSM-Hochfrequenz (GSM 900 und GSM 1800) auf den Bereich $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$ zu begrenzen. Funktechnisch ist damit eine „in-door“-Versorgung über Hausfundamentniveau auch bei hoher Gebäudedämpfung von 20 dB ohne Einschränkung möglich.

Aus den Messdaten lassen sich vor allem die Bereiche darstellen, in denen hohe Immissionswerte für die Bevölkerung bei Dauerexposition ein Gefährdungspotenzial bedeuten können.

2 Technik und Grenzwerte

Zur Realisierung des Mobilfunks werden hochfrequente elektromagnetische Felder eingesetzt. Elektromagnetische Felder sind grundsätzlich dadurch gekennzeichnet, dass diese Energie übertragen. Kommt es zu einer Absorption, erfolgt nach den thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten die Umsetzung der Feldenergie in Wärme. Grenzwerte sollen hier die für den Menschen kritische Energieabsorption definieren. Das Maß für die Intensität eines elektromagnetischen Feldes ist die Leistungsflussdichte. Sie gibt die Leistungsmenge der durch die elektromagnetische Welle transportierten Hochfrequenzenergie, bezogen auf eine Fläche an (Strahlungsdichte). Die Quantifizierung der *Leistungsflussdichte* erfolgt in

Mikrowatt pro Quadratmeter [$\mu\text{W}/\text{m}^2$].

Die Grenzwerte nach der 26. BImSchV (Bundesimmissionsschutzverordnung) basieren auf dem Modell der Energieabsorption und bewerten als mögliche Folge die kritische Temperaturerhöhung im menschlichen Körper. Nicht bewertet wird die beim GSM-Standard eingesetzte besondere Modulation der niederfrequenten periodischen Taktung. Diese biologisch offensichtlich hochwirksame Komponente wird über die alleinige Bewertung der Energieabsorption nicht erfasst. Diese Situation ist in der internationalen wissenschaftlichen Literatur hinreichend beschrieben, wobei auch darauf hingewiesen wird, dass das bislang fehlende Wirkungsmodell nicht dazu führen darf, diese Erkenntnisse zu ignorieren.

Grundlage für den angestrebten Immissionswert in der Größenordnung von $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$ ist zum einen der „Salzburger Wert“, der sich auf umweltmedizinische Erfahrungen stützt und weiterhin aus Berechnungen zur technischen Mindestanforderungen eines Telefonieverkehrs mit $0,005 \mu\text{W}/\text{m}^2$ (BAKOM, 2008). Dem gegenüber stehen die Grenzwerte der 26. BImSchV, die in der öffentlichen Diskussion den Sicherheitsmaßstab darstellen.

Der hier notwendige Aspekt der gesundheitlichen Vorsorge wurde vom Gesetzgeber in Deutschland bislang nicht ausreichend berücksichtigt ^[1]. Auch ist nicht die folgende Aussage der WHO in die politische Diskussion eingeflossen:

Die Grenzwerte wurden von den Normungsgremien nicht mit dem Ziel erlassen, vor langfristigen gesundheitlichen Auswirkungen zu schützen.

So bezieht man sich im gesetzlichen Regelwerk der 26. BImSchV ausschließlich auf die Vorgaben der ICNIRP bzw. der DIN/VDE 0848, die nur einen Expositionszeitraum von 6 min mit möglichen thermischen Wirkungen berücksichtigen und nicht Reaktionen bei längerer Expositionszeit bewerten ^{[2] – [12]}.

Nicht hinreichend bekannt ist die Tatsache, dass die Datenerhebung der Energieumsetzung gemäß DIN/VDE 0848 an menschlichen Leichen durchgeführt wurde (Forschungsanstalt A-Seibersdorf).

Im Rahmen einer Vorsorge ist es daher zwingend notwendig, die Immissionswerte soweit wie technisch machbar zu reduzieren. Unter diesem Gesichtspunkt soll eine Standortoptimierung zukünftiger Anlagen in der Gemarkung Altusried erfolgen.

3 Durchführung der Messungen

Für die Hochfrequenz-Feldmessungen wurden folgende Messmittel eingesetzt:

- Spektrumanalysator, 9kHz...3GHz, *Advantest R 3131* (Rohde & Schwarz) (kalibriert 01/2008)
- Log.-Per. Messantenne, 300MHz...4GHz, *USLP 4193* (Schwarzbeck)
- Koaxial-Messkabel 5 m, 1MHz...10GHz, *AK 9515 E* (Schwarzbeck) (kalibriert 01/2008)

Alle Messungen erfolgten in 1,5 m über Erdboden. Folgende Verfahren wurden eingesetzt:

1. Stativmessung mit Ausrichtung auf die jeweilige Sendeanlage zur Ermittlung der Betreiberfrequenzen und Darstellung der Auslastung über Vergleich der „max-hold“- und „average“-Werte.
2. Schwenkantenne zur Ermittlung der Maximalwerte im Raumvolumen am Messpunkt „max-hold“-Messung

Die Messzeiten betragen jeweils mindestens 5 Minuten.

Mittels der Messeinrichtung werden innerhalb der definierten GSM-Frequenzbänder der D- und E-Mobilfunknetze Frequenz und Empfangspegel der einzelnen Funk-signale erfasst. Für UMTS gibt es derzeit keine allgemein befriedigende Mess-vorschrift; üblicherweise beschränkt man sich hier auf die Empfehlung:

Darstellung der Gesamtenergie in den betreiberspezifischen Frequenzblöcken (Bandbreite jeweils 5 MHz).

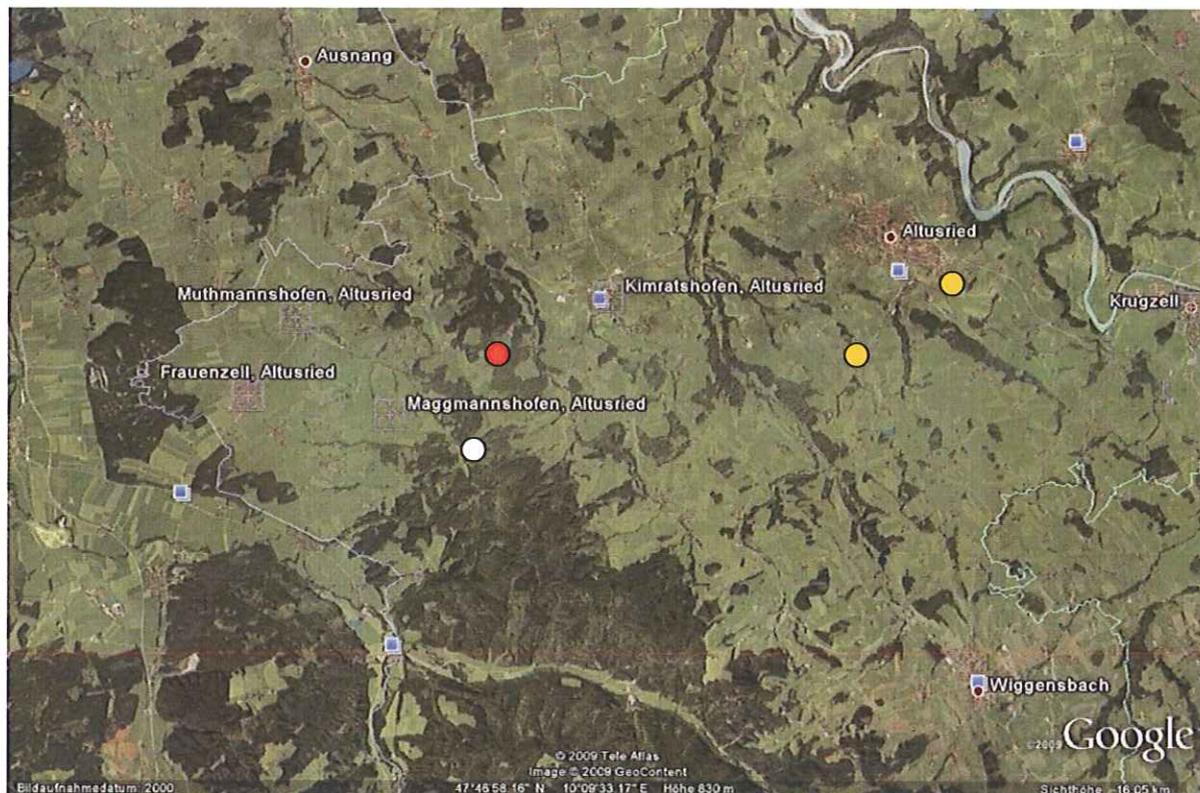
Aus den Empfangspegeln für die Antennenspannung werden anhand der vorliegenden Kalibrierdaten der verwendeten Messantenne und unter Berücksichtigung der Kabeldämpfung die effektiven Leistungsflussdichten (Strahlungsichten) berechnet.

Eine GSM-Mobilfunk-Basisstation besteht in der Regel aus einem Organisationskanal und mehreren Verkehrskanälen. Der Organisationskanal (zuständig für den Betrieb der Anlage) sendet kontinuierlich mit voller Leistung, die Verkehrskanäle werden hingegen je nach Bedarf (Anzahl der Nutzer) –im allgemeinen mit Leistungsregelung- hinzugeschaltet, wobei hier –im Gegensatz zum Organisationskanal- „Frequenz-Hopping“ durchgeführt wird, der Verkehrskanal also auf variabler Frequenz arbeitet. Bei der „Average“-Messung unterscheiden sich die aus der sporadischen Nutzung gemittelten Messwerte von denen bei derselben Frequenz ermittelten „max-hold“-Werte, was eine eindeutige Zuordnung der Verkehrskanäle und Organisationskanal erlaubt.

Die effektive Leistungsflussdichte des Organisationskanals entspricht somit dem Emissionswert bei minimaler Auslastung der GSM-Mobilfunkanlage. Sind mehrere Sender vor Ort, so werden die Effektivwerte der einzelnen Organisationskanäle addiert um die wirksame GSM-Summenimmission zu erhalten. Über den Messwert des Organisationskanal und Anzahl der jeweiligen Verkehrskanäle lassen sich am Immissionsort die Minimum-/Maximumwerte angeben.

Für Hochfrequenz-Messungen mittels Spektrumanalyse muss mit einer methodisch bedingten Messunsicherheit von typischerweise +/- 3 dB gerechnet werden, die aus der Genauigkeit bei den Kalibrierungen von Messantenne und Kabel sowie der Messtoleranz des Spektrumanalysators resultiert. Eine Änderung der Leistungsflussdichte um 3 dB entspricht 50%.

4 GSM-Sendeanlagen in Markt Altusried



modifiziert nach GOOGLE-Earth, 2009

- bestehende GSM-Sendeanlagen
- von O2 vorgesehener Standort (Gschnaidt); ca. 910 m NN
- Alternativstandort südl. WKA; ca. 850 m NN

Relevante GSM-Sendeanlagen

Sendeanlage Völken

Sendeantenne	Montagehöhe über Grund (m)	Hauptstrahlrichtung (HSR) in °	Sicherheitsabstand in HSR (m)	Vertikaler Sicherheitsabstand (m)
Mobilfunk	16.8	ND	2.61	2.61
Mobilfunk	16.8	ND	2.61	2.61

Sendeanlage Opprechts

Sendeantenne	Montagehöhe über Grund (m)	Hauptstrahlrichtung (HSR) in °	Sicherheitsabstand in HSR (m)	Vertikaler Sicherheitsabstand (m)
Mobilfunk	7.8	190°	5.94	1.20
Mobilfunk	7.8	30°	5.94	1.20
Mobilfunk	7.8	300°	5.94	1.20
Mobilfunk	7.8	120	8.26	2.25
Mobilfunk	7.8	120	7.52	1.52
Mobilfunk	7.8	300	8.26	2.25
Mobilfunk	7.8	300	7.52	1.52
Mobilfunk	7.8	60	8.26	2.25
Mobilfunk	7.8	60	7.52	1.52

Die beiden Tabellen sind der EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur entnommen (20.02.2009)

5 Kennzeichnung der Messpunkte

Die an den folgenden Messpunkten durchgeführten *status-quo*-Messungen ergeben einen Überblick zur aktuellen Versorgung der Gemarkung Altusried durch GSM und erlauben aufgrund frequenzselektiver Hochfrequenzmessungen Aussagen zur betreiberspezifischen Funknetzabdeckung des Stadtgebiets.

Ein Frequenzvergleich von Emissions- und Immissionsort gibt Aufschluss darüber, welcher Sender die Mobilfunkversorgung am jeweiligen Messpunkt sicherstellt.

MP 1	N 47,77708	E 10,12941	Gschnaidt, Gasthaus zum Kreuz
MP 2	N 47,78242	E 10,09101	Frauenzell, Pretscher Hof
MP 3	N 47,79126	E 10,09765	Muthmannshofen, Ortsgrenze Wiesenweg
MP 4	N 47,79827	E 10,15473	Schreiloch, Nähe Sportplatz
MP 5	N 47,78693	E 10,13056	An der Windkraftanlage Lendraß
MP 6	N 47,97187	E 10,15485	Wassergat
MP 7	N 47,76704	E 10,17471	Walzlings
MP 8	N 47,77655	E 10,21054	Hehlen
MP 9	N 47,78445	E 10,20130	Sendeanlage Opprechts

MP 10	N 47,78720	E 10,20105	Sendeanlage Opprechts
MP 11	N 47,78795	E 10,19932	Sendeanlage Opprechts
MP 12	N 47,81155	E 10,21569	Hörgers, süd-östliche Region
MP 13	N 47,81164	E 10,20870	Altusried, nord-östliche Region
MP 14	N 47,81109	E 10,20136	Altusried, Nähe Seniorenheim
MP 15	N 47,80562	E 10,12619	Hettisried
MP 16	N 47,81411	E 10,15071	Weitenau
MP 17	N 47,80616	E 10,20914	Altusried, Parkplatz Bäcker Mayer
MP 18	N 47,80335	E 10,21493	Altusried, Vorplatz Bücherei
MP 19	N 47,80122	E 10,21775	Altusried, südl. Ortsteil
MP 20	N 47,80185	E 10,22891	Altusried Ortsgrenze Richtung Krugzell
MP 21	N 47,80550	E 10,22232	Altusried Schleifweg
MP 22	N 47,80869	E 10,21756	Altusried, nördl. Bebauung
MP 23	N 47,79256	E 10,21875	Sendeanlage Völken
MP 24	N 47,79036	E 10,27439	Krugzell, Stiftsstrasse
MP 25	N 47,79581	E 10,27435	Krugzell, Kirche

Darstellung der Messpunkte (MP):

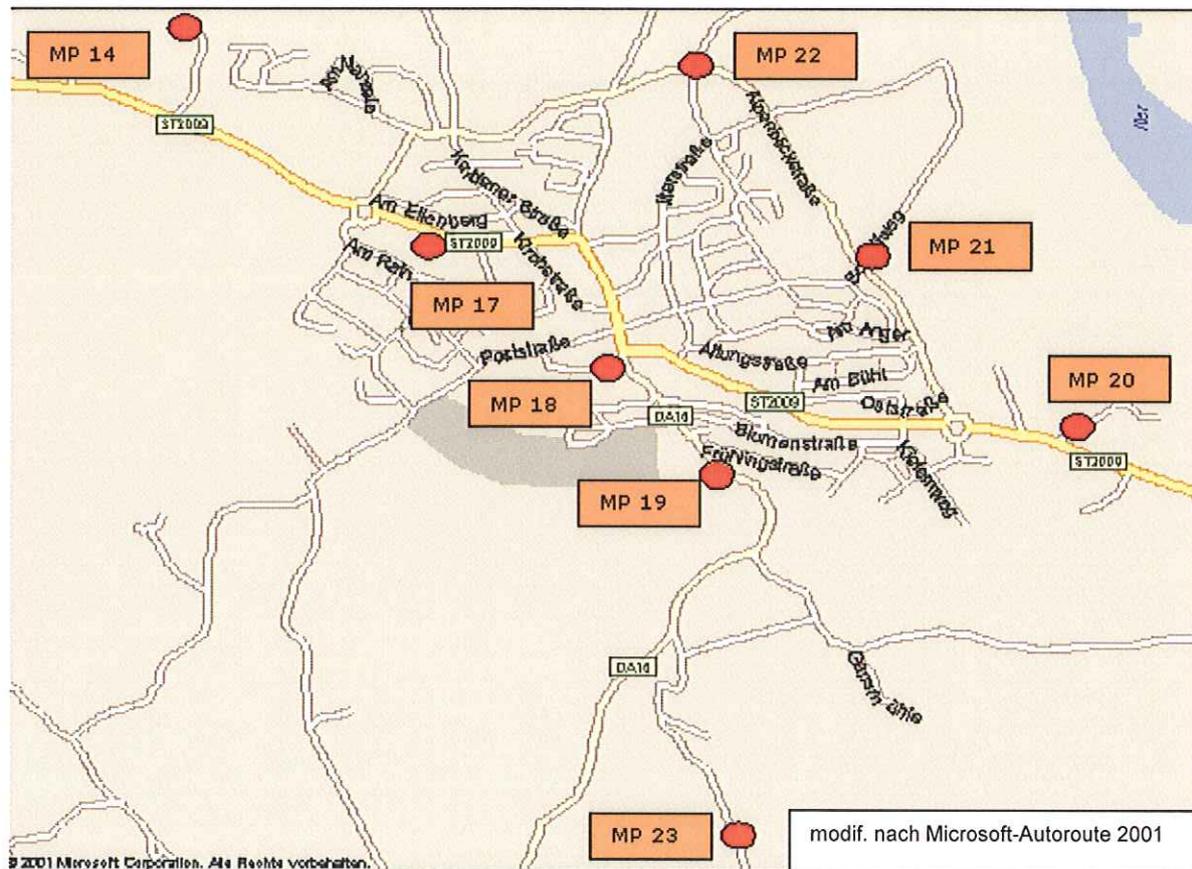


Abb. 1 Ortskern Altusried

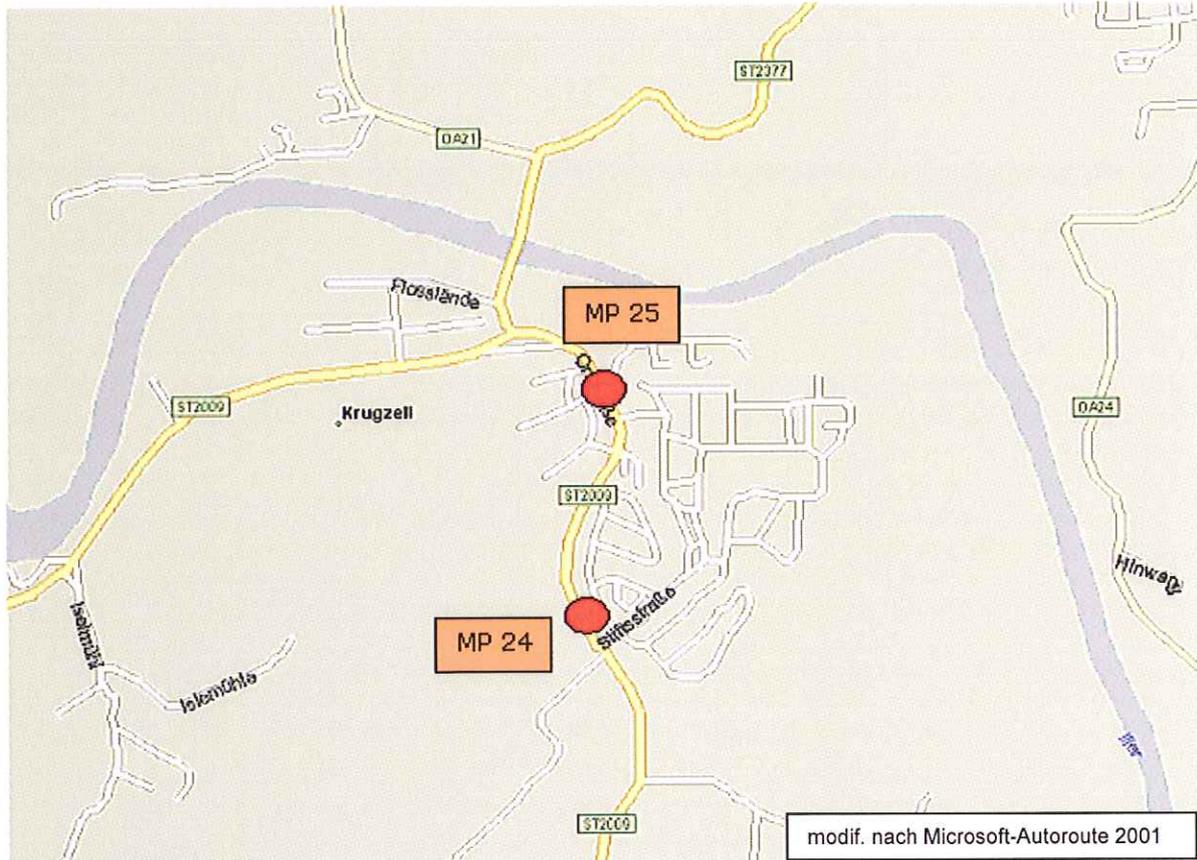


Abb. 2 Krugzell

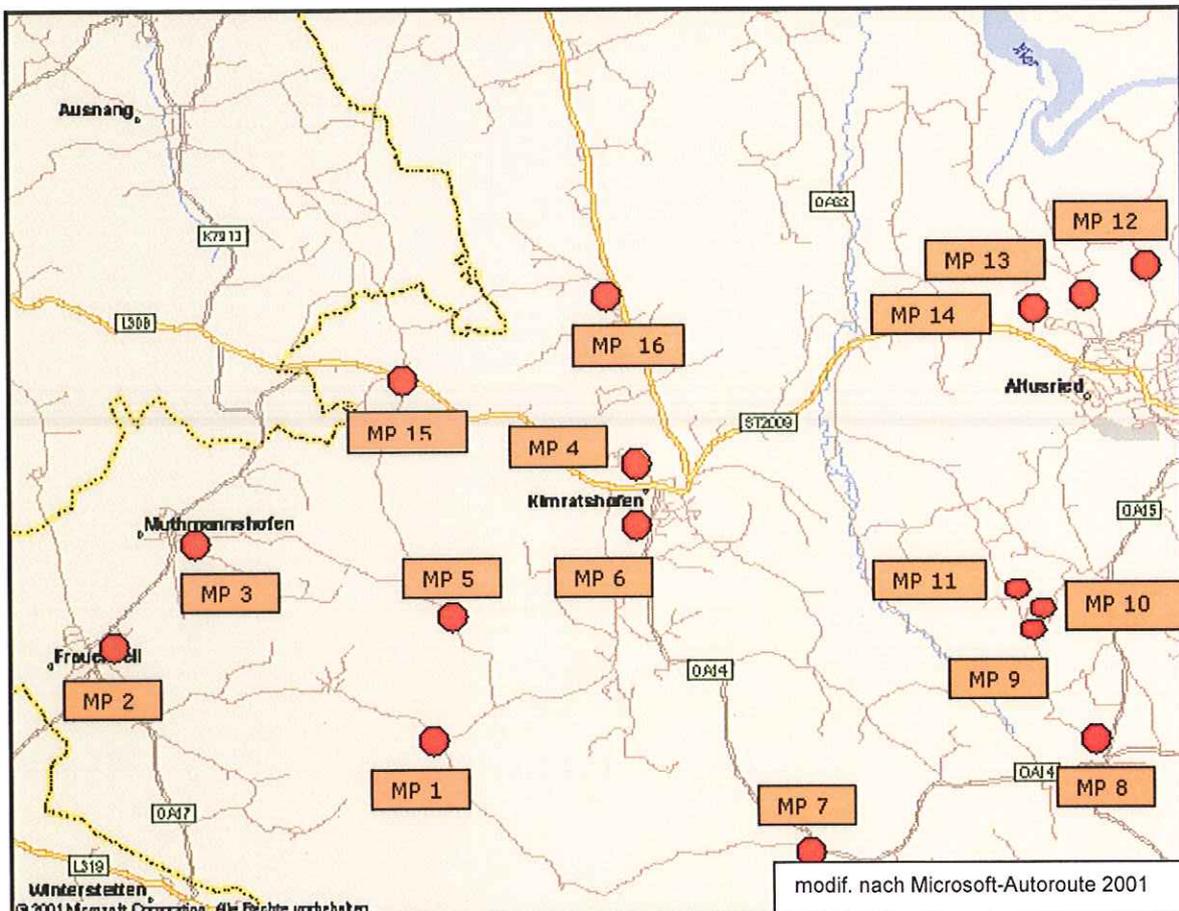


Abb. 3 Altusried und westlicher Teil der Gemarkung

6 Messergebnisse

In Abb. 4 sind die Messpunkte hinsichtlich einer „out-door-Versorgung“ gekennzeichnet.

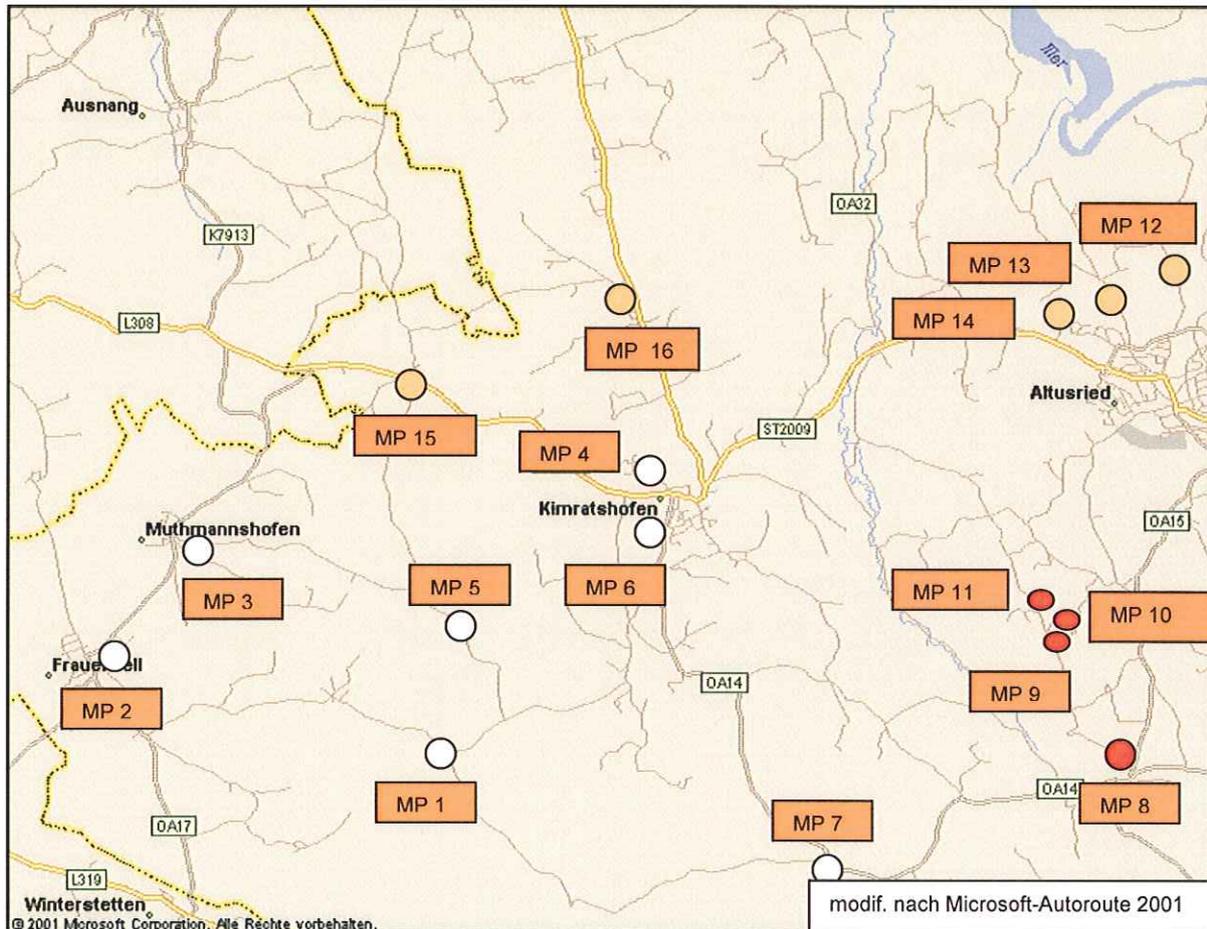


Abb. 4

- keine durchgehende Versorgung
- teilweise eingeschränkte „in-door“-Versorgung

Die ausführlichen Messdaten sind im Anhang beigefügt.

7 Zur Beurteilung der Messergebnisse

Die aktuellen Grenzwerte wurden übernommen aus den Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP e.V.) und verbindlich geregelt u.a. zur Genehmigung von Mobilfunksendeanlagen

(vgl. Tabelle 1). Der Konzeption nach soll mit dieser Regelung der Schutz der Bevölkerung vor gesundheitlichen Auswirkungen durch elektromagnetische Felder von solchen Anlagen gewährleistet sein.

Tatsächlich aber weisen die Erfahrungen sowohl von Umweltmedizinern als auch von Baubiologen seit Jahren darauf hin, dass es mehrere Größenordnungen unterhalb der Grenzwerte zu erheblichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommen kann. Insbesondere der Zeitfaktor der Exposition spielt eine entscheidende Rolle. Der Aspekt der gesundheitlichen Vorsorge wurde vom Gesetzgeber nicht ausreichend berücksichtigt ^[1].

Aus den derzeitigen Erfahrungen ergeben sich für Schlaf-/Ruhebereiche folgende Empfehlungen: *Kinder: < 1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$* *Erwachsene: < 10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$*

Elektromagnetische Felder	Grenzwertempfehlungen ICNIRP
• D-Netz (GSM-900)	4.700.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
• E-Netz (GSM-1800)	9.000.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Tabelle 1: Grenzwerte der 26. BImSchV

Zum Vergleich:

Der zivilisatorische Durchschnitt in Häusern liegt bei ca. 0,01 bis 1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (Maes 1995-2005). Bereits bei 0,005 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ist eine ausreichende Funktion eines D- bzw. E-Netz-Handys gewährleistet.

8 Aktuelle GSM-Versorgung

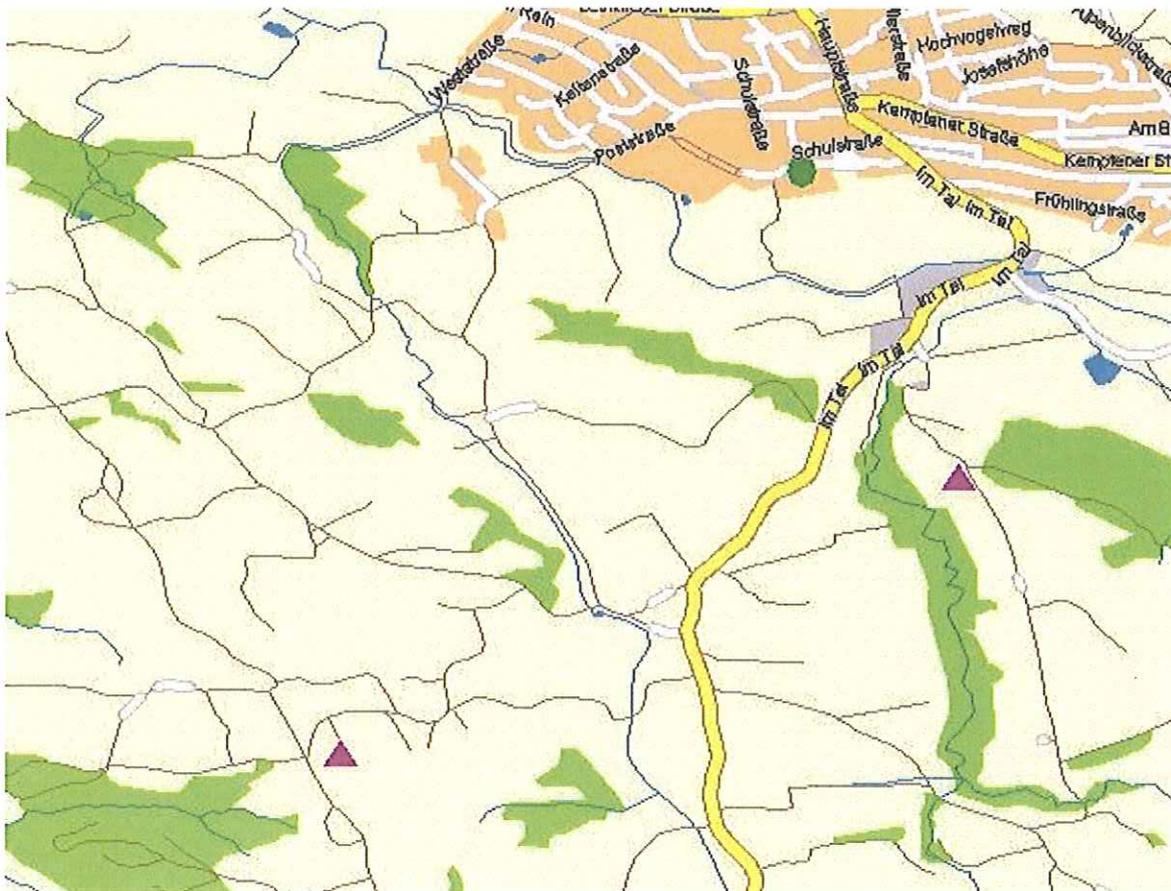


Abb. 5 ▲ Für die GSM-Versorgung der Gemarkung Altusried (außer Krugzell) relevanten Standorte

Der Ort Altusried wird durch die beiden Sendeanlagen (siehe MP 9-11; MP 23) ausreichend versorgt. Die „in-door“-Versorgung im nördlichen Bereich (MP 13; MP 14) kann bedingt durch die verwendeten Baumaterialien eingeschränkt sein.

Topografisch bedingt weist der westlich gelegene Teil der Gemarkung im Bereich der Messpunkte M P1 – MP 7 GSM-Versorgungslücken auf (Abb. 3).

Der Ortsteil Krugzell wird von Sendeanlagen in Dietmannsried versorgt.

Die Auslastung der Sendeanlagen lag zu den Messzeiten betreiberabhängig zwischen 10 und 70 %.

9 Konzept der Immissionsminimierung

Der zur z.Zt. in der Diskussion befindliche Standort am Gschnaidt dürfte funktechnisch geeignet sein, um die in der Gemarkung bestehenden Versorgungslücken auszufüllen.

Um das Erholungsgebiet in diesem Bereich in der derzeitigen Form zu erhalten, bietet sich als Alternativstandort die südlich gelegene Windkraftanlage als Alternativstandort an. Die zur Zeit in der Bevölkerung vorgebrachten Bedenken zu hoher Immissionswerte wären durch geeignete Antennenparameter nicht relevant.

In den nachfolgenden Immissionsprognosen wird von Sektorantennen mit einer maximalen Antennenausgangsleistung für GSM 900 von 25 W und einem Antennengewinn von 20 dBi (Leistungsfaktor 100) ausgegangen. Dieses ist die Leistung im Zentrum des so genannten Hauptstrahls, dessen vertikaler Öffnungswinkel –im Gegensatz zur horizontalen Ebene- sehr schmal ist. Die Winkelangaben beziehen sich auf die 3 dB-Abschwächung, wo beidseitig zum Hauptstrahl 50 % der Leistung abgestrahlt werden.

Der (elektrische) „downtild“ gibt den Winkel zur Horizontalen an und liegt im Allgemeinen im Bereich zwischen 2° und 7°; dieses ist unabhängig von einer mechanischen Winkeländerung der Antennen. Ober- und unterhalb des Hauptstrahls nimmt die Leistungsflussdichte stark ab.

Hinweis: Die für die nachfolgenden Berechnungen angegebenen Werte werden üblicherweise deutlich unterschritten. Es wird jeweils von einer Antennengruppe ausgegangen.

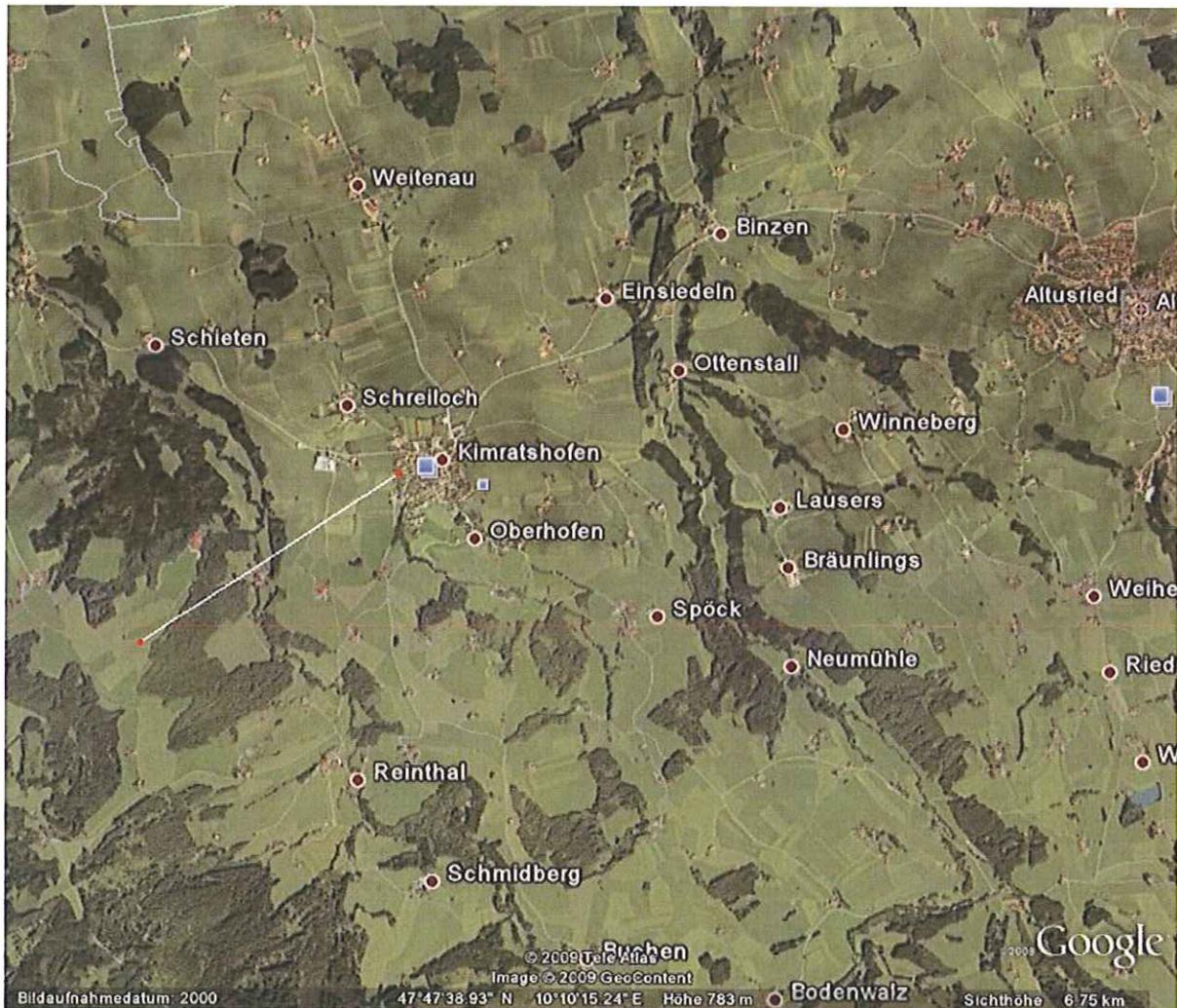
Versorgung des Bereichs „Muthmannshofen“ durch Standort WKA:



WKA → Muthmannshofen: ca. 3.000 m; Höhendifferenz (Fundamentniveau): ca. 130 m; freie Sicht.

Bei einem Downtild von ca. $3,5^\circ$ (Antennenhöhe ca. 50 m) liegt die maximale Leistungsflussdichte (Hauptstrahl) bei 20 dBi Antennengewinn und Antennenabstrahlleistung von 25 W (50 W-Sender; 3 dB Kabelverlust) in Muthmannshofen bei ca. $20 \mu\text{W}/\text{m}^2$.

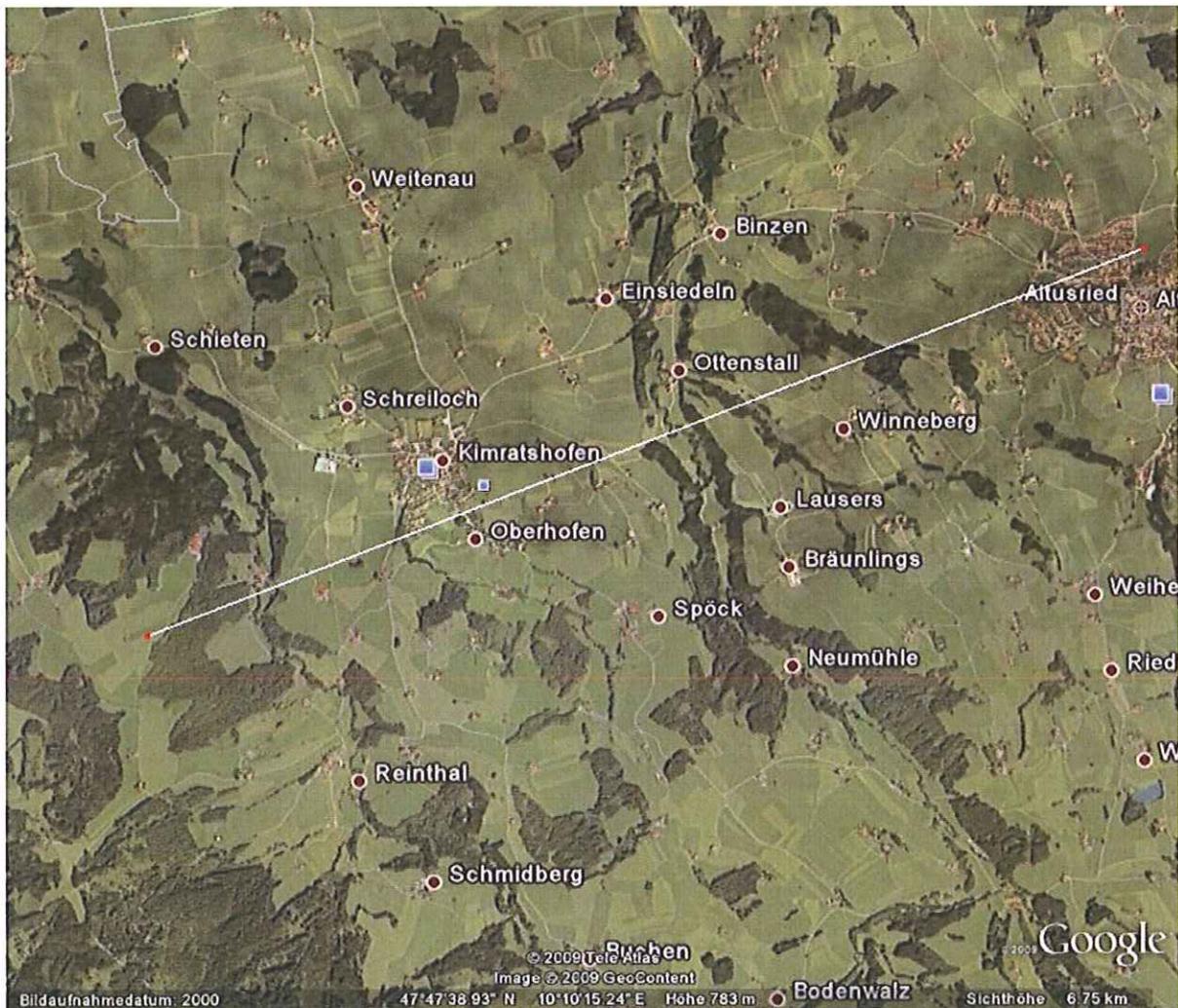
Versorgung des Bereichs „Kimratshofen“ durch Standort WKA:



WKA → Kimratshofen (westlicher Ortsrand): ca. 1.650 m; Höhendifferenz (Fundamentniveau): ca. 95 m; freie Sicht.

Bei einem Downtild von ca. 5° (Antennenhöhe ca. 50 m) liegt die maximale Leistungsflussdichte (Hauptstrahl) bei 20 dBi Antennengewinn und Antennenabstrahlleistung von 25 W (50 W-Sender; 3 dB Kabelverlust) bei ca. 70 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ in Kimratshofen am westlichen Ortsrand.

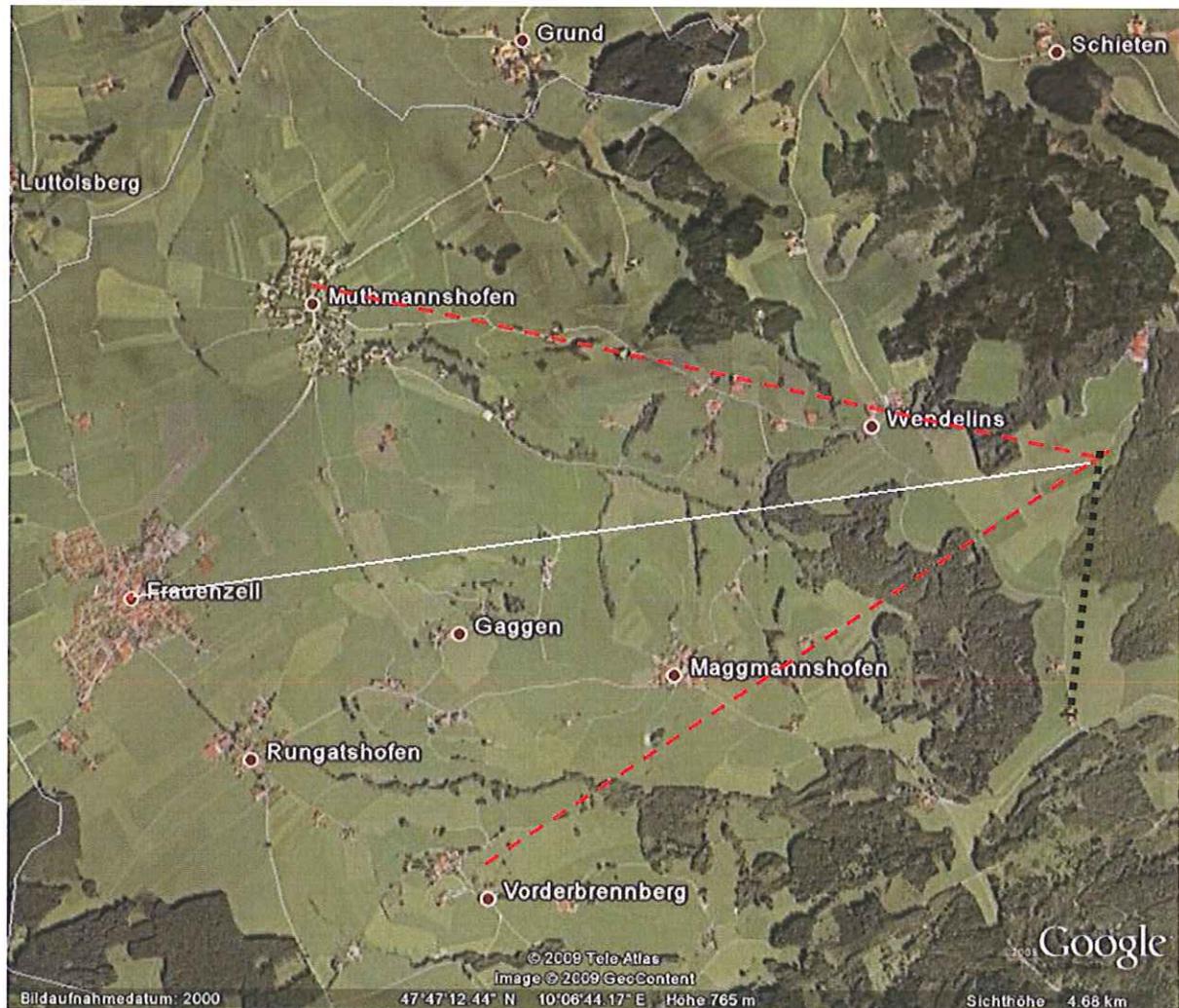
Versorgung des Bereichs „Altusried“ durch Standort WKA:



WKA → Altusried: ca. 6.300 m; Höhendifferenz (Fundamentniveau): ca. 120 m; freie Sicht.

Bei einem Downtilt von ca. 1,6° (Antennenhöhe ca. 50 m) liegt die maximale Leistungsflussdichte (Hauptstrahl) bei 20 dBi Antennengewinn und Antennenabstrahlleistung von 25 W (50 W-Sender; 3 dB Kabelverlust) bei ca. 5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ in Altusried-Nord.

Versorgung des Bereichs „Frauenzell“ durch Standort WKA:



WKA → Frauenzell: ca. 3.600 m; Höhendifferenz (Fundamentniveau): ca. 120 m; freie Sicht.

Bei einem Downtilt von ca. 2,7° (Antennenhöhe ca. 50 m) liegt die maximale Leistungsflussdichte (Hauptstrahl) bei 20 dBi Antennengewinn und Antennenabstrahlleistung von 25 W (50 W-Sender; 3 dB Kabelverlust) bei ca. 15 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ in Frauenzell (Ortsmitte). Mit einem Öffnungswinkel von 45° würde der gesamte Bereich versorgt werden können, ohne auf das Prinzip der Immissionsminimierung verzichten zu müssen. Die Immissionswerte im Bereich Lendraß würden unter 10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ liegen.

Fazit:

Durch geeignete Antennenführung lässt sich in allen Gebieten das Immissionsminimierungskonzept realisieren.

Anmerkung: Die vorliegenden HF-Messdaten gelten ausschließlich für den Zeitpunkt der Messung.

Hinweis:

Das Urheberrecht liegt ausschließlich bei der „Umweltphysikalische Messungen GbR“, 23617 Stockelsdorf.

Stockelsdorf, den 10. März 2009

(Dr. L. von Klitzing)