



Industrie Service

**Mehr Sicherheit.  
Mehr Wert.**

## **Gutachten zur Messung und Bewertung der hochfrequenten elektromagnetischen Strahlung von Mobilfunkstationen**

**Markt Altusried**

Auftraggeber: Markt Altusried  
Rathausplatz 1  
87452 Altusried

Berichtsnummer: 709 234

Datum: 22.02.2006

Bestellzeichen: Hr. Schlusche vom 14.09.2005

Unsere Zeichen:  
IS-US5-MUC/dr.gri

Messort: Gemeindegebiet Altusried

Dokument:  
602 Messbericht Altusried.doc

Messtermin: 25. Oktober 2005

Das Dokument besteht aus  
21 Seiten  
Seite 1 von 21

Art der Messung: Nachher - Messung gemäß FEE - Richtlinie von  
hochfrequenten elektromagnetischen Feldern im  
Frequenzbereich von 20 MHz bis 3 GHz

Die auszugsweise Wiedergabe des  
Dokumentes und die Verwendung  
zu Werbezwecken bedürfen der  
schriftlichen Genehmigung der  
TUV SÜD Industrie Service GmbH.

Sachverständiger: Dr. Th. Gritsch      Telefon: 089/5791-1110  
Telefax: 089/5791-1098

Die Prüfergebnisse beziehen  
sich ausschließlich auf die  
untersuchten Prüfgegenstände.

Berichtsumfang: 21 Seiten



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>MOBILFUNKSENDEANLAGEN UND MESSPUNKTE .....</b>	<b>3</b>
2.1	Mobilfunksendeanlagen .....	3
2.2	Messpunkte.....	4
<b>3</b>	<b>DURCHFÜHRUNG .....</b>	<b>5</b>
3.1	Messverfahren .....	5
3.2	Vorgehensweise bei den Messungen .....	5
<b>4</b>	<b>BEWERTUNGSGRUNDLAGEN .....</b>	<b>6</b>
4.1	Bundesimmissionsschutzgesetz ( 26. BImSchV) - Allgemeinbevölkerung .....	6
4.2	Vorgehensweise bei der Auswertung der Messergebnisse .....	7
<b>5</b>	<b>MESSERGEBNISSE .....</b>	<b>7</b>
5.1	Hinweise zu den Tabellen des Messprotokolls .....	7
5.2	Immissionswerte Mobilfunkanlagen .....	8
5.3	Immissionswerte Radio-, Fernsehsender, schurlose Telefone nach DECT-Standard, WLAN's sowie sonstige Funkanwendungen .....	8
5.4	Anteile der Funkdienste an den Immissionswerten im Überblick.....	9
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN .....</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>12</b>
7.1	Ausführliche Angaben zu den Messpunkten.....	12
7.2	Ausführliche Ergebnistabellen .....	14
7.3	Hochfrequenzspektren.....	16
7.4	Literatur.....	19
7.5	Glossar – Verwendete Abkürzungen .....	20

## 1 Aufgabenstellung

Der Markt Altusried beauftragte die TÜV SÜD Industrie Service GmbH im Rahmen des FEE- Programms der bayrischen Staatsregierung exemplarisch die derzeitige Belastung an zwei Messpunkten im Gemeindegebiet von Altusried mit durch Mobilfunksendeanlagen erzeugten elektromagnetischen Feldern messtechnisch zu bestimmen und hinsichtlich der Einhaltung der derzeit in Deutschland gültigen Grenzwerte zu bewerten.

Zur besseren Einordnung der ermittelten Feldstärken sollen zusätzlich wesentliche Feldstärken von sonstigen Funkanlagen wie z.B. Radio, Fernsehen, Radar, schnurlose Telefone (DECT) und WLAN – Anlagen ermittelt werden.

Anlass für die Messungen ist der Umbau und die Erweiterung des Standortes am Wasserhochbehälter Opprechts durch die Firmen E-Plus und Vodafone.

Ziel der Messungen ist es, einen Überblick über die von Mobilfunksendern im Gemeindegebiet ausgehenden elektromagnetischen Immissionen zu erhalten. Die Messungen sollen damit dazu beitragen, die Transparenz in der Öffentlichkeit zu verbessern und den Ausbau des Mobilfunknetzes in Hinblick auf die Immissionsbelastung der Bevölkerung mit elektromagnetischen Feldern kritisch zu begleiten.

## 2 Mobilfunksendeanlagen und Messpunkte

### 2.1 Mobilfunksendeanlagen

Auf dem Wasserhochbehälter Opprechts, Fl.Nr. 2582 (#1), existiert seit dem Jahr 1995 ein Rundstrahler der Fa. Vodafone. Im Jahr 2004 (Standortbescheinigung vom 10.02.2004, Nr. 54 0519) wurde dieser in eine Mobilfunksendeanlage mit 3 Sektoren umgebaut. Weiterhin errichtete die Firma E-Plus eine Sendeanlage mit 3 Sektoren in unmittelbarer Nachbarschaft. Beide Anlagen weisen eine Masthöhe unter 10 m auf.



Abb. 1: Mobilfunksendeanlagen auf dem Wasserhochbehälter Opprechts

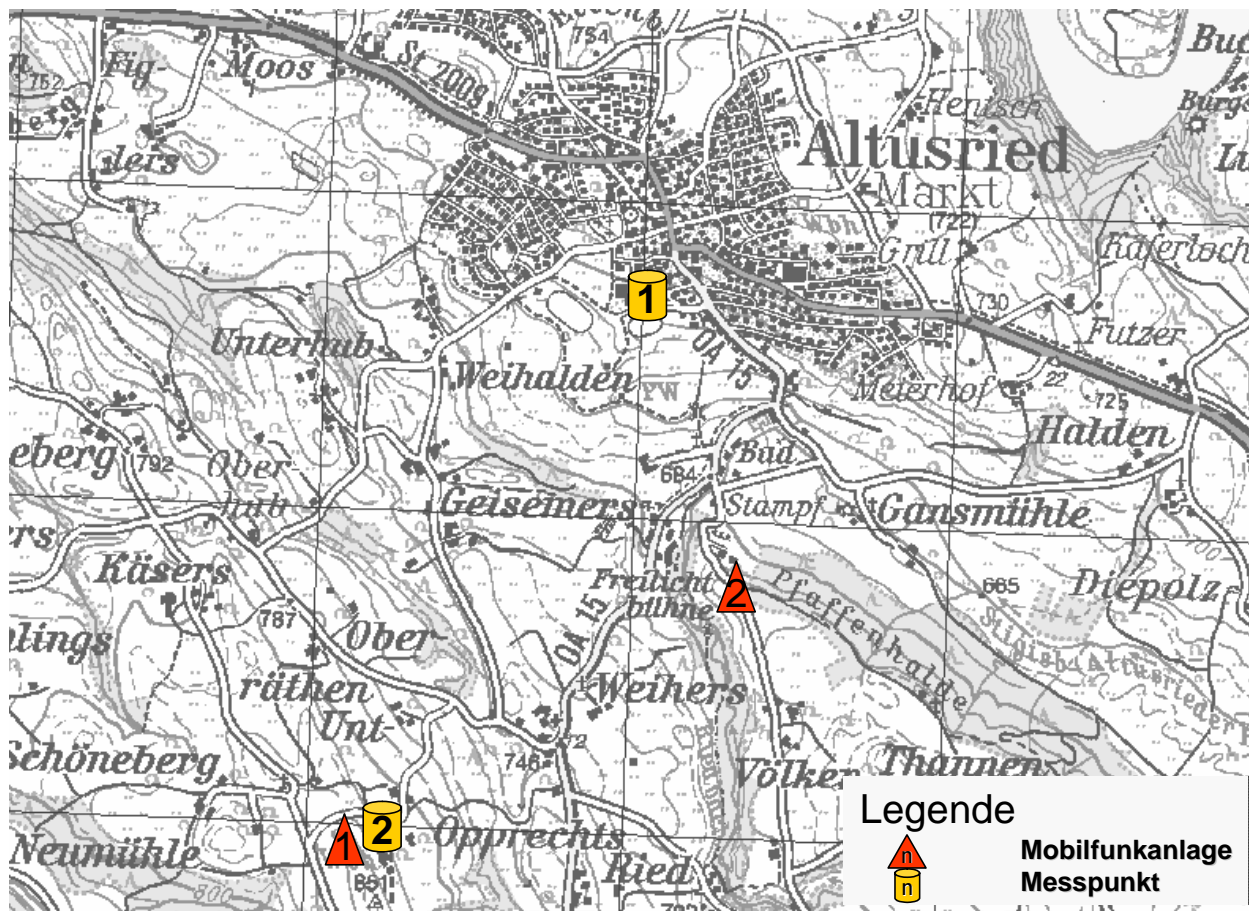


Abb. 2: Lage der Mobilfunksendeanlagen und der Messpunkte

Eine weitere Mobilfunksendeanlage (#2) wird von T-Mobile auf der Pfaffenhalde betrieben. Diese Anlage wurde ebenfalls mit gemessen. Nähere technische Daten sind jedoch über diese Anlage nicht bekannt.

## 2.2 Messpunkte

Die Abb. 2 zeigt die Lage der Messpunkte. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Messpunkte. Weitere Angaben sind im Anhang enthalten.

Messpunkte		Sichtkontakt zu einem Mobilfunksender	Entfernung zum nächsten Mobilfunksender
1	Altusried, vor Schule am Sportplatz	ja	970 m
2	Anwesen Mang, Weiler Opprechts 3	ja	130 m

Die Messpunkte wurden in Abstimmung mit dem Markt Altusried festgelegt. Sie wurden als repräsentative Punkte für einen Ortsteil ausgewählt oder da Sie den vermuteten Punkt der höchsten Belastung darstellen.

### 3 Durchführung

#### 3.1 Messverfahren

Messeinrichtung	Frequenz / Messbereich	Hersteller
Spektrumanalysator		
FSP 3	0,009 – 3.000 MHz	Rhode & Schwarz
Antennen		
SBA 9113 Bikonus-Antenne	500 - 3.000 MHz	Schwarzbeck
Antenne HE 200	200 - 500 MHz	Rhode & Schwarz
	20 - 200 MHz	Rhode & Schwarz

Die Messunsicherheit des Gesamtsystems beträgt  $\pm 3$  dB (95 % Vertrauenslevel).

#### Breitband-Messgerät

Frequenzbereich:	100 kHz bis 3 GHz (Summenmessung)
Hersteller:	Narda (früher: Wandelt & Goltermann)
Modell:	EMR-300
Messprinzip:	digitale isotrope dreiachsige Messung mittels kompensierten Detektordioden
Messsonde:	Typ 18
Messbereich:	0,2 bis 320 V/m
Messgenauigkeit:	$\pm 1,0$ dB (100 kHz bis 100 MHz) $\pm 2,4$ dB (100 MHz bis 3 GHz)

Alle Messeinrichtungen werden einer regelmäßigen, auf nationale bzw. internationale Normale rückführbaren Kalibrierung unterzogen.

#### 3.2 Vorgehensweise bei den Messungen

Die Messung der elektromagnetischen Felder wurde von Hr. Dr. Gritsch am 25. Oktober 2005 in der Zeit von 09:30 bis 11:00 durchgeführt. Die Mobilfunkbetreiber wurden von uns nicht über den Zeitpunkt der Messung informiert.

Während der Messungen betrug die Lufttemperatur 15°C, die rel. Luftfeuchte 60%. Niederschläge traten nicht auf.

Nach der 26. BImSchV ist die Einhaltung der Grenzwerte als Effektivwert der elektromagnetischen Felder nachzuweisen. Die Messungen wurden auf Grundlagen der VDE 0848 Teil 1, den Durchführungshinweisen des LAI zur 26. BImSchV sowie der Messanleitung des Schweizer Umweltamtes (BUWAL) durchgeführt.

Es wurde dabei folgendermaßen vorgegangen:

- Die ungefähre Lage der höchsten Belastung an repräsentativen Punkten im Umfeld der Sendemasten wurde abgeschätzt. Kriterien für die Festlegung der einzelnen Messpunkte waren neben einer möglichst guten Erfassung der Antennenhauptstrahlrichtungen eine möglichst kurze Entfernung in direkter Sichtverbindung bzw. mit möglichst geringer Dämpfung zu den Mobilfunkantennen sowie die Lage von Orten empfindlicher Nutzung wie Wohnungen, Schulen und Kindergärten.

- In diesen Bereichen wurde die Lage des maximalen Immissionswertes im Umkreis von ca. 50 m mit dem Summenmessgerät (EMR 300 von Wandel + Goltermann) ermittelt.
- Anschließend wurde mit dem Spektrumanalysator im Modus "Max-Hold" und mit eingestelltem RMS-Detektor die Messantennen händisch in unterschiedliche Richtungen, Polarisationen und Höhen geschwenkt, um sämtliche relevanten Strahlungsrichtungen zu erfassen (360 Grad Drehung, Höhenvariation bis ca. 2 m, Antennenpolarisation vertikal bis horizontal). Gemessen wurde jeweils solange, bis keine Änderungen der Messwertanzeige mehr zu beobachten waren.
- Die gemessenen Werte wurden anschließend auf die maximale Anlagenauslastung hochgerechnet (s. Abschnitt 4.2).
- Zusätzlich erfolgte ein Aufschlag zur Berücksichtigung der Messunsicherheit von jeweils 41 %.

Aufgrund der Wellenlänge der Mobilfunksignale (ca. 32 cm für D-Netz und ca. 16 cm für E-Netz) und der Messentfernungen, in denen die Feldstärkemessungen vorzunehmen waren, konnte angenommen werden, dass am jeweiligen Messort Fernfeldverhältnisse vorliegen. Da es in diesen Fällen grundsätzlich genügt, entweder die elektrische oder die magnetische Feldstärke zu erfassen, wurde lediglich die elektrische Feldstärke gemessen. Die magnetische Feldstärke kann über den Feldwellenwiderstand des freien Raumes =  $377 \Omega$  aus der elektrischen Feldstärke berechnet werden.

## 4 Bewertungsgrundlagen

Grenzwerte zum Schutz von Gesundheitsschäden durch elektromagnetische Felder sind in Deutschland für die Allgemeinbevölkerung in der 26. Verordnung zum Immissionsschutzgesetz niedergelegt (26. BImSchV). Sie basiert auf den Empfehlung der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICNIRP).

### 4.1 Bundesimmissionsschutzgesetz ( 26. BImSchV) - Allgemeinbevölkerung

Aufgrund des § 2 und Anhang 1 der 26. Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV) vom 16.12.96 BGBl I 66 S. 1966 ff sind im Umfeld von ortsfesten Hochfrequenzanlagen mit einer Sendeleistung von 10 Watt EIRP (äquivalente isotrope Strahlungsleistung) oder mehr, die elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 10 Megahertz bis 300000 Megahertz erzeugen, folgende Grenzwerte für die Effektivwerte der elektrischen und magnetischen Feldstärke für den jeweiligen Frequenzbereich einzuhalten.

Frequenz MHz	Elektrische Feldstärke E V/m	Magnetische Feldstärke H A/m
10 - 400	27,5	0,073
400 - 2 000	$1,375 \cdot \sqrt{f}$	$0,0037 \cdot \sqrt{f}$
2 000 - 300 000	61	0,16

Bei gepulsten elektromagnetischen Feldern darf zusätzlich der Spitzenwert für die elektrische und die magnetische Feldstärke das 32fache der oben genannten Werte nicht überschreiten.

## 4.2 Vorgehensweise bei der Auswertung der Messergebnisse

Die Intensität der Felder von Mobilfunkanlagen ist abhängig von der momentanen Gesprächsauslastung. Immer mit voller Leistung abgestrahlt wird nur der jeweilige BCCH- Steuerkanal des Sektors. Je nach Gesprächsauslastung und Entfernung des Mobiltelefons von der Basisstation kommen jedoch zusätzliche TCH- Verkehrskanäle (typischerweise 2 bis 6) hinzu.

Deshalb wurde bei der „worst-case“- Betrachtung an jedem Messpunkt der ungünstigste Fall angenommen. Dazu wurden die aktuell gemessenen Feldstärkewerte der BCCH-Steuerkanäle mit der Wurzel aus der Anzahl der für diesen Sektor und diesen Betreiber gesamt vorhandenen Sendekanäle (TRX) multipliziert. Damit wird implizit angenommen, dass auch die Verkehrskanäle mit voller Leistung senden.

Zugeschlagen wurde zusätzlich jeweils der **Faktor von 1,4** zur Berücksichtigung der Messunsicherheit. Die berechneten Maximalwerte wurden anschließend nach folgender Formel zu den jeweiligen Grenzwerten ins Verhältnis gesetzt, quadratisch addiert und anschließend die Wurzel gezogen. Der damit erhaltene Summenwert darf den Wert 1 (100 %) nicht überschreiten.

$$GI = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{E_{eff,i}}{E_{eff,gi}} \right)^2} \leq 1$$

GI: wirksame Gesamtimmission (Summenwert)

n: Anzahl der Frequenzen im Spektrum

$E_{eff,i}$ : Effektivwert der elektrischen Feldstärke der i-ten Frequenz

$E_{eff,gi}$ : Effektiv-Grenzwert der elektrischen Feldstärke der i-ten Frequenz

## 5 Messergebnisse

### 5.1 Hinweise zu den Tabellen des Messprotokolls

In den folgenden Tabellen sind die an den Messpunkten ermittelten und gemäß Beschreibung im vorausgehenden Abschnitt ausgewerteten Summenimmissionswerte dargestellt. Es sind dabei folgende Werte angegeben:

#### Aktueller Ausbauzustand der Sendeanlagen

- Mobilfunk – Minimalimmission als elektrische Feldstärke E in Volt pro Meter (V/m), d. h. nur die Gesamtimmission der BCCH-Kanäle der GSM Anlagen und der CPICH Feldstärken der UMTS-Kanäle<sup>1</sup>; mit diesem Betriebszustand ist beispielsweise in der Nacht zu rechnen.
- Mobilfunk- Maximale Sendeleistung, d. h. die maximal mögliche Immission bei voller Auslastung des aktuellen Ausbauzustands der Mobilfunksendeanlagen. Für GSM-Anlagen wird die Maximalimmission anhand des BCCH-Signals und der Anzahl der aktuell errichteten TCH-Kanäle hochgerechnet; für UMTS-Anlagen wird die Feldstärke des CPICH-Signals über das Leistungsverhältnis von CPICH-Signal zur möglichen Maximalausendung hochgerechnet. Die Immission ist jeweils als elektrische Feldstärke E in V/m, als Leistungsflussdichte S in Mikrowatt pro Quadratmeter ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ) sowie als Anteil des Grenzwertes der 26. BImSchV (AGW) in Prozent angegeben.

<sup>1</sup> Bei der Minimalimmission ist noch kein Messunsicherheitsaufschlag von +41% enthalten. Dieser wird erst bei den hochgerechneten Werten berücksichtigt.

### Beantragter und Genehmigter Ausbauzustand der Sendeanlagen

- Unter "Genehmigter Ausbauzustand" ist die zu erwartende Gesamtmissionsbelastung zu verstehen, wenn der volle, in der Standortbescheinigung bereits genehmigte Ausbauzustand der Mobilfunkanlagen realisiert wird. Hier wird auch von der maximalen Sendeleistung ausgegangen. Beispielsweise sind für einen Mobilfunksektor 4 Sendekanäle in der Standortbescheinigung bereits genehmigt. Aufgrund des geringeren Gesprächsaufkommens, sind derzeit aber erst 3 Sendekanäle vom Mobilfunkbetreiber realisiert worden.

Eine ausführlichere Darstellung der Messergebnisse zusammen mit einer Auswahl von Frequenzspektren sowie einer Lagebeschreibung der Messpunkte befindet sich im Anhang.

### 5.2 Immissionswerte Mobilfunkanlagen

Messpunkt		Aktueller Ausbauzustand				Genehmigter Ausbauzustand		
		Mobilfunk minimal	Mobilfunk maximale Sendeleistung			Mobilfunk maximale Sendeleistung		
		E in V/m	E in V/m	S in $\mu\text{W}/\text{m}^2$	AGW	E in V/m	S in $\mu\text{W}/\text{m}^2$	AGW
1	Altusried, vor Schule am Sportplatz	0,15	<b>0,32</b>	272	<b>0,7%</b>	0,39	396	0,9%
2	Anwesen Mang, Weiler Opprechts 3	0,25	<b>0,46</b>	556	<b>1,0%</b>	0,64	1 095	1,4%

AGW: Anteil am Grenzwert der 26. BImSchV.

Die derzeit gültigen Grenzwerte der 26. BImSchV werden demnach momentan und zukünftig an keinem Messpunkt überschritten. Die maximale Belastung wurde am Messpunkt 2 mit 1,0 % des Grenzwertes der 26. BImSchV ermittelt.

Bei vollem Ausbau der derzeit vorhandenen Sendeanlagen, erhöht sich die Gesamtmissionsbelastung am Messpunkt 2 auf maximal 1,4 % des Grenzwertes.

### 5.3 Immissionswerte Radio-, Fernsehsender, schnurlose Telefone nach DECT-Standard, WLAN's sowie sonstige Funkanwendungen

Messpunkt		DECT/WLAN Istwerte		Radio / TV / Sonstige Istwerte	
		E in V/m	AGW	E in V/m	AGW
1	Altusried, vor Schule am Sportplatz	< 0,01	< 0,01%	0,14	0,47%
2	Anwesen Mang, Weiler Opprechts 3	< 0,01	< 0,01%	0,06	0,17%

Da alle Messpunkte im Außenbereich lagen, waren die Aussendungen von schnurlosen Telefonen an keinem der Messpunkte feststellbar.

Die Immissionswerte verursacht durch Radio/TV und sonstige Funkanwendungen ab 20 MHz erreichen am Messpunkt 1 maximal 0,47 % des Grenzwertes.



### 5.4 Anteile der Funkdienste an den Immissionswerten im Überblick

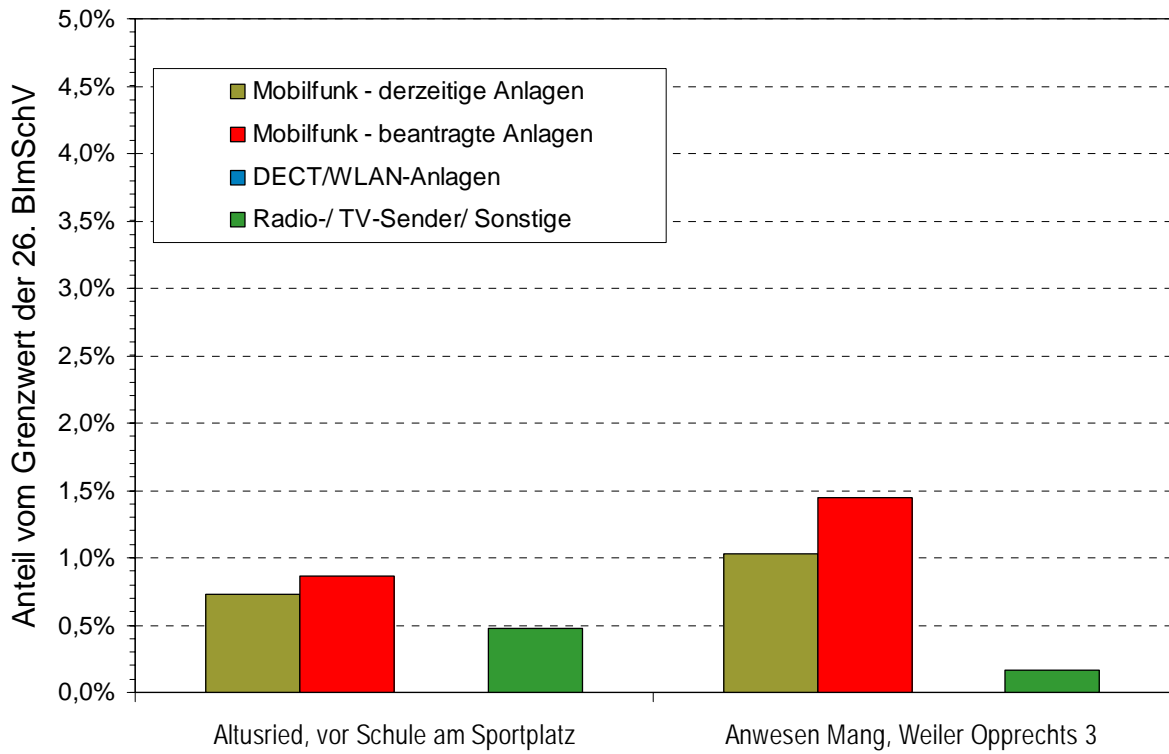


Abb. 3: Graphische Darstellung der Messergebnisse (Immissionen in Prozent vom Grenzwert der 26. BImSchV)

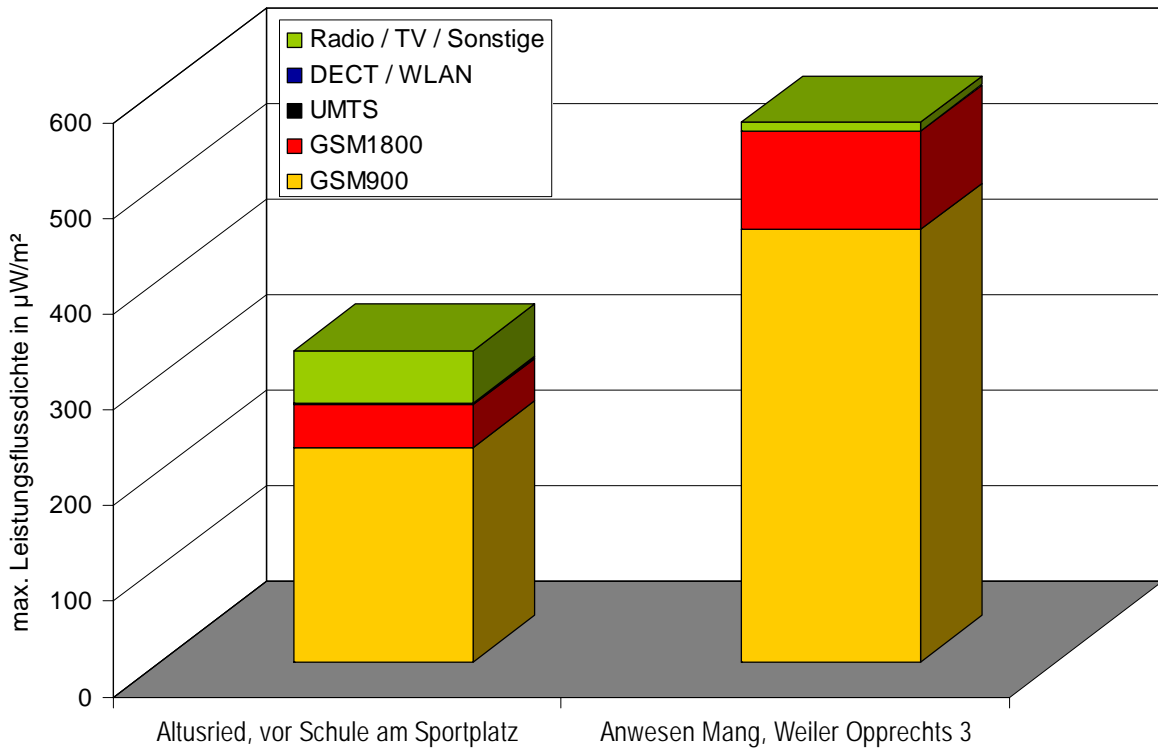


Abb. 4: Summenbelastung der einzelnen Frequenzbänder in Einheiten der Leistungsflussdichte in µW/m²

Messpunkt		Summenbelastung in den einzelnen Frequenzbändern in $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (Aktueller Ausbau)				
		GSM900	GSM1800	UMTS	DECT / WLAN	Radio / TV / Sonstige
1	Altusried, vor Schule am Sportplatz	224,4	44,8	2,3	< 0,1	54,7
2	Anwesen Mang, Weiler Opprechts 3	452,6	102,6	0,7	< 0,1	9,1
		Summenbelastung in den einzelnen Frequenzbändern in %				
1	Altusried, vor Schule am Sportplatz	69%	14%	< 1%	< 1%	17%
2	Anwesen Mang, Weiler Opprechts 3	80%	18%	< 1%	< 1%	2%

Der prozentuale Anteil an der Gesamtbelastung durch DECT (schnurlose Telefone), Radio/TV und sonstige Funkanwendungen hängt vor allem von der Stärke der am Messorte vorliegenden Mobilfunksignale ab. Sind diese sehr niedrig, da entweder keine Sichtverbindung zu den Mobilfunksendeanlagen besteht oder die Entfernung zu groß ist, so steigt der Anteil der Radio und Fernsehsender prozentual am Gesamtsignal dementsprechend an.

## 6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der Markt Altusried beauftragte die TÜV SÜD Industrie Service GmbH im Rahmen des FEE- Programms der bayrischen Staatsregierung exemplarisch die derzeitige Belastung an zwei Messpunkten im Gemeindegebiet von Altusried mit durch Mobilfunksendeanlagen erzeugten elektromagnetischen Feldern messtechnisch zu bestimmen und hinsichtlich der Einhaltung der derzeit in Deutschland gültigen Grenzwerte zu bewerten.

Die höchsten Immissionen wurden demnach am Messpunkt 2 mit 1,0 % des Grenzwertes der 26. BImSchV ermittelt. Bei vollem Ausbau der Sendeanlagen auf den beantragten Stand erhöht sich die Gesamtimmisionsbelastung am Messpunkt 2 auf maximal 1,4 %.

Der Immissionsbeitrag durch Rundfunk- und TV-Sender im Frequenzbereich ab 20 MHz erreicht maximal 0,47 % des Grenzwertes der 26. BImSchV am Messpunkt 1.

Die Immissionswerte weisen damit ein niedriges Belastungsniveau auf. Dies ist vor allem auf die Anbringung der Mobilfunksendeanlagen auf Höhenrücken zurückzuführen, die aufgrund des damit erzielbaren Höhenunterschieds zur nächstgelegenen Bebauung eine Minimierung der Immissionsbelastung bewirken.



Es sei darauf hingewiesen, dass im Normalbetrieb der Mobilfunkanlagen die hier als ungünstigster Fall betrachtete maximale Sendeleistung aller Sendeanlagen und –kanäle nie erreicht wird. Die typische mittlere Belastung liegt etwa um den Faktor 2 niedriger.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Messungen aufsteigend sortiert gegenüber gestellt.

Messpunkte		Sichtkontakt zu einem Mobilfunksender	Entfernung zum nächsten Mobilfunksender	Summenfeldstärke E Mobilfunk bei höchster Anlagenauslastung in V/m	Prozentsatz vom Grenzwert bez. auf max. Feldstärke E
2	Anwesen Mang, Weiler Opprechts 3	ja	130 m	0,46	<b>1,0%</b>
1	Altusried, vor Schule am Sportplatz	ja	970 m	0,32	<b>0,7%</b>

An allen Messpunkten werden damit die Grenzwerte der 26. BImSchV mit großem Sicherheitsabstand - auch für den Fall, dass alle beantragten Frequenzkanäle durch die Betreiber genutzt werden – sicher eingehalten. Neben den deutschen Grenzwerten werden damit auch der Schweizer Anlagengrenzwert<sup>2</sup> weit unterschritten.

Abteilung Umwelt Service  
 Der Leiter

Abteilung Umwelt Service  
 Elektromagnetische Umweltverträglichkeit

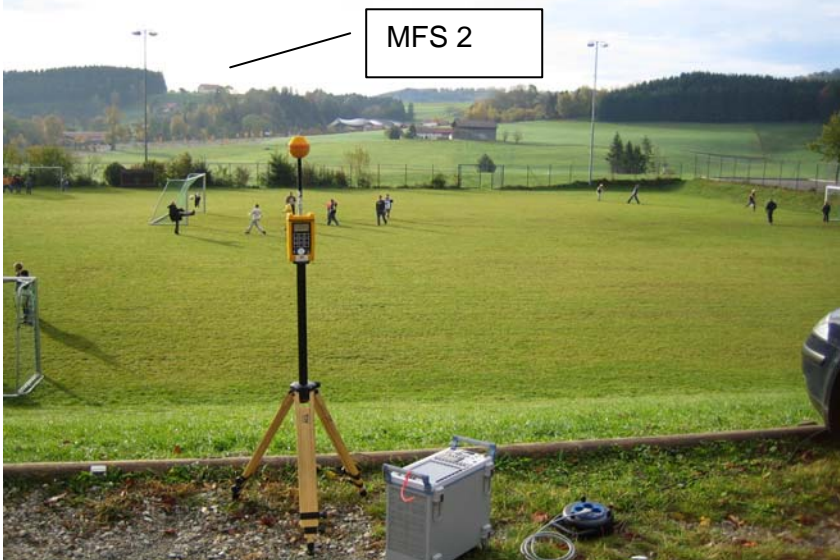

Dr. Peter Schenk

Dr. Thomas Gritsch  
 Öffentlich bestellter und beeidigter Sachverständiger für  
 Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (EMVU)

<sup>2</sup> 5 V/m, maximaler Immissionswert für von einem bestimmten Mobilfunkstandort ausgehende Strahlung in Orten empfindlicher Nutzung wie Wohnungen, Kindergärten, Schulen etc.

## 7 Anhang

### 7.1 Ausführliche Angaben zu den Messpunkten

<b>Lfd Nr.:</b>	<b>1</b>	
<b>Kurzbenennung:</b>	<b>Altusried, vor Schule am Sportplatz</b>	
<b>Messpunktlage:</b>	Ortsgebiet Altusried zwischen Schuleingang und Sportplatz	
<b>Lage bezogen auf nächste Mobilfunksender (MFS):</b>	Entfernung	Sichtverbindung
MFS 1- WHB Opprechts:	1.900 m	nein
MFS 2- Pfaffenhalde:	970 m	ja
<b>Bilddokumentation:</b>	 <p style="text-align: center;">Abb. 5: Blick Richtung Süden</p>  <p style="text-align: center;">Abb. 6: Blick Richtung Norden</p>	

<b>Lfd Nr.:</b>	<b>2</b>	
<b>Kurzbenennung:</b>	<b>Anwesen Mang, Weiler Opprechts 3</b>	
<b>Messpunktlage:</b>	vor Tenne des Weilers Opprechts 3	
<b>Lage bezogen auf nächste Mobilfunksender (MFS):</b>	Entfernung	Sichtverbindung
MFS 1- WHB Opprechts:	130 m	ja
MFS 2- Pfaffenhalde:	1.400 m	ja
<b>Bilddokumentation:</b>	 <p>Abb. 7: Blick Richtung Süden</p>  <p>Abb. 8: Blick Richtung Norden</p>	

## 7.2 Ausführliche Ergebnistabellen

### Berechnungsblätter zur Hochrechnung auf maximale Sendeleistung der Anlagen

Messpunkt: **1**

Messort: **Altusried, vor Schule am Sportplatz**

Messzeit: **25. Okt 05** 09:40 — 10:10

Sichtkontakt zu einem Sender: **ja**

Entfernung zum nächsten Sender: **970 m**

#### Derzeit vorhandene Anlagen

Frequenz in MHz	Kanal Nr.	BST Standort	Betreiber	Minimal-Messwert in dBmV/m	Minimal-Messwert in V/m	Anzahl Kanäle in Betrieb	Max. Feldstärke +3dB in V/m	Maximale Leistungsflussdichte in µW/m²	26. BImSchV		Beantragter Ausbau			26. BImSchV
									Grenzwert in V/m	Anteil Emax vom Grenzwert in %	Anzahl Kanäle beantragt	Max. Feldstärke +3dB in V/m	Maximale Leistungsflussdichte in µW/m²	Anteil Emax vom Grenzwert in %
<b>D-Band</b>														
939,0	20	Plattenhalde	D1 - T-Mobile	98,4	0,083	4	0,236	147,2	42,1	0,56%	4	0,236	147,2	0,56%
935,2	1	WHB Opprechts	D2-Vodafone	85,1	0,018	2	0,036	3,5	42,0	0,09%	4	0,051	6,9	0,12%
935,8	4	WHB Opprechts	D2-Vodafone	98,4	0,084	2	0,167	73,8	42,1	0,40%	4	0,236	147,6	0,56%
<b>Summe GSM 900:</b>					<b>0,12</b>		<b>0,29</b>	<b>224</b>		<b>0,69%</b>		<b>0,34</b>	<b>302</b>	<b>0,80%</b>
<b>E-Band</b>														
1 832,2	647	???	O2	73,0	0,004	1	0,006	0,1	58,9	0,01%	2	0,009	0,2	0,02%
1 856,0	766	WHB Opprechts	E-Plus	78,7	0,009	1	0,012	0,4	59,2	0,02%	2	0,017	0,8	0,03%
1 857,6	774	WHB Opprechts	E-Plus	99,2	0,091	1	0,129	44,2	59,3	0,22%	2	0,183	88,5	0,31%
1 860,8	790	WHB Opprechts	E-Plus	70,0	0,003	1	0,004	0,1	59,3	0,01%	2	0,006	0,1	0,01%
<b>Summe GSM 1800:</b>					<b>0,09</b>		<b>0,13</b>	<b>45</b>		<b>0,22%</b>		<b>0,18</b>	<b>90</b>	<b>0,31%</b>
<b>UMTS</b>														
2112,5			Vodafone	75,2	0,006	1	0,026	1,7	61,0	0,04%	2	0,036	3,5	0,06%
2158,2			O2	64,7	0,002	1	0,008	0,2	61,0	0,01%	2	0,011	0,3	0,02%
2168,2			T-Mobile	69,0	0,003	1	0,013	0,4	61,0	0,02%	2	0,018	0,8	0,03%
<b>Summe UMTS:</b>					<b>0,01</b>		<b>0,03</b>	<b>2</b>		<b>0,05%</b>		<b>0,04</b>	<b>5</b>	<b>0,07%</b>
<b>Summenbelastung Mobilfunk:</b>					<b>0,15</b>		<b>0,32</b>	<b>272</b>		<b>0,73%</b>		<b>0,39</b>	<b>396</b>	<b>0,86%</b>

#### DECT - schnurloses Telefon

	DECT	nicht nachweisbar
Summenbelastung DECT:		

#### Radio / Fernsehen und sonstige Funkanwendungen

95,8	FM: Terrestrischer Tonrundfunk UKW	88,2	0,026	1	0,0	3,5	27,5	0,13%
101,0	FM: Terrestrischer Tonrundfunk UKW	91,3	0,037	1	0,1	7,2	27,5	0,19%
104,4	FM: Terrestrischer Tonrundfunk UKW	90,6	0,034	1	0,0	6,0	27,5	0,17%
106,9	FM: Terrestrischer Tonrundfunk UKW	93,2	0,046	1	0,1	11,0	27,5	0,23%
228,8	Digital Radio Südwest DAB	64,3	0,002	1	0,0	0,0	27,5	0,01%
466,4	SCALL Analog (1200 bps) POCSAG	73,4	0,005	1	0,0	0,1	29,7	0,02%
527,2	TV UHF IV+V - Band Kanal 28	90,8	0,035	1	0,0	6,4	31,6	0,16%
647,2	TV UHF IV+V - Band Kanal 43	92,1	0,040	1	0,1	8,5	35,0	0,16%
671,2	TV UHF IV+V - Band Kanal 46	93,5	0,047	1	0,1	11,9	35,6	0,19%
<b>Summenbelastung Radio/Fernsehen:</b>			<b>0,10</b>		<b>0,14</b>	<b>55</b>		<b>0,47%</b>



Messpunkt: **2**

Messort: **Anwesen Mang, Weiler Opprechts 3**

Messzeit: **25. Okt 05** 10:20 — 10:50

Sichtkontakt zu einem Sender: ja

Entfernung zum nächsten Sender: 130 m

**Derzeit vorhandene Anlagen**

Frequenz in MHz	Kanal Nr.	BST Standort	Betreiber	Minimal-Messwert in dBmV/m	Minimal-Messwert in V/m	Anzahl Kanäle in Betrieb	Max. Feldstärke +3dB in V/m	Maximale Leistungsdichte in µW/m²	26. BImSchV		Beantragter Ausbau			26. BImSchV
									Grenzwert in V/m	Anteil Emax vom Grenzwert in %	Anzahl Kanäle beantragt	Max. Feldstärke +3dB in V/m	Maximale Leistungsdichte in µW/m²	Anteil Emax vom Grenzwert in %
<b>D-Band</b>														
941,6	33	Plattenhalde	D1 - T-Mobile	89,0	0,028	4	0,079	16,7	42,2	0,19%	4	0,079	16,7	0,19%
935,2	1	WHB Opprechts	D2-Vodafone	89,7	0,030	2	0,061	9,8	42,0	0,14%	4	0,086	19,6	0,20%
935,8	4	WHB Opprechts	D2-Vodafone	102,1	0,127	2	0,254	171,1	42,1	0,60%	4	0,359	342,2	0,85%
950,4	77	WHB Opprechts	D2-Vodafone	103,8	0,155	2	0,310	255,0	42,4	0,73%	4	0,438	509,9	1,03%
<b>Summe GSM 900:</b>					<b>0,20</b>		<b>0,41</b>	<b>453</b>		<b>0,98%</b>		<b>0,58</b>	<b>888</b>	<b>1,37%</b>
<b>E-Band</b>														
1 827,4	623	???	O2	80,9	0,011	1	0,016	0,7	58,8	0,03%	2	0,022	1,3	0,04%
1 856,2	767	WHB Opprechts	E-Plus	102,5	0,133	1	0,188	94,1	59,2	0,32%	2	0,266	188,2	0,45%
1 857,6	774	WHB Opprechts	E-Plus	91,5	0,038	1	0,053	7,5	59,3	0,09%	2	0,075	15,0	0,13%
1 860,8	790	WHB Opprechts	E-Plus	77,6	0,008	1	0,011	0,3	59,3	0,02%	2	0,015	0,6	0,03%
<b>Summe GSM 1800:</b>					<b>0,14</b>		<b>0,20</b>	<b>103</b>		<b>0,33%</b>		<b>0,28</b>	<b>205</b>	<b>0,47%</b>
<b>UMTS</b>														
2112,5		???	Vodafone	68,5	0,003	1	0,012	0,4	61,0	0,02%	2	0,017	0,7	0,03%
2168,2		???	T-Mobile	67,2	0,002	1	0,010	0,3	61,0	0,02%	2	0,015	0,6	0,02%
					0,000	1	0,000	0,0	61,0	0,00%	2	0,000	0,0	0,00%
					0,000	1	0,000	0,0	61,0	0,00%	2	0,000	0,0	0,00%
<b>Summe UMTS:</b>					<b>0,00</b>		<b>0,02</b>	<b>1</b>		<b>0,03%</b>		<b>0,02</b>	<b>1</b>	<b>0,04%</b>
<b>Summenbelastung Mobilfunk:</b>					<b>0,25</b>		<b>0,46</b>	<b>556</b>		<b>1,03%</b>		<b>0,64</b>	<b>1 095</b>	<b>1,45%</b>

**DECT - schnurloses Telefon**

	DECT	nicht nachweisbar
Summenbelastung DECT:		

**Radio / Fernsehen und sonstige Funkanwendungen**

21,4	Amateurfunk 15 m-Band	79,4	0,009	1	0,0	0,5	27,5	0,05%
95,8	FM: Terrestrischer Tonrundfunk UKW	72,1	0,004	1	0,0	0,1	27,5	0,02%
101,0	FM: Terrestrischer Tonrundfunk UKW	70,9	0,004	1	0,0	0,1	27,5	0,02%
104,4	FM: Terrestrischer Tonrundfunk UKW	74,4	0,005	1	0,0	0,1	27,5	0,03%
106,9	FM: Terrestrischer Tonrundfunk UKW	74,6	0,005	1	0,0	0,2	27,5	0,03%
487,4	TV UHF IV+V - Band Kanal 23	74,7	0,005	1	0,0	0,2	30,4	0,03%
567,3	TV UHF IV+V - Band Kanal 33	86,5	0,021	1	0,0	2,4	32,7	0,09%
735,5	TV UHF IV+V - Band Kanal 54	89,7	0,031	1	0,0	5,0	37,3	0,12%
741,3	TV UHF IV+V - Band Kanal 54	80,9	0,011	1	0,0	0,7	37,4	0,04%
<b>Summenbelastung Radio/Fernsehen:</b>		<b>0,04</b>		<b>0,06</b>	<b>9</b>		<b>0,17%</b>	

### 7.3 Hochfrequenzspektren

Exemplarisch sind im Folgenden einige typische Spektren dargestellt, die die Verteilung der Funkanwendungen in den Frequenzbändern zeigen.

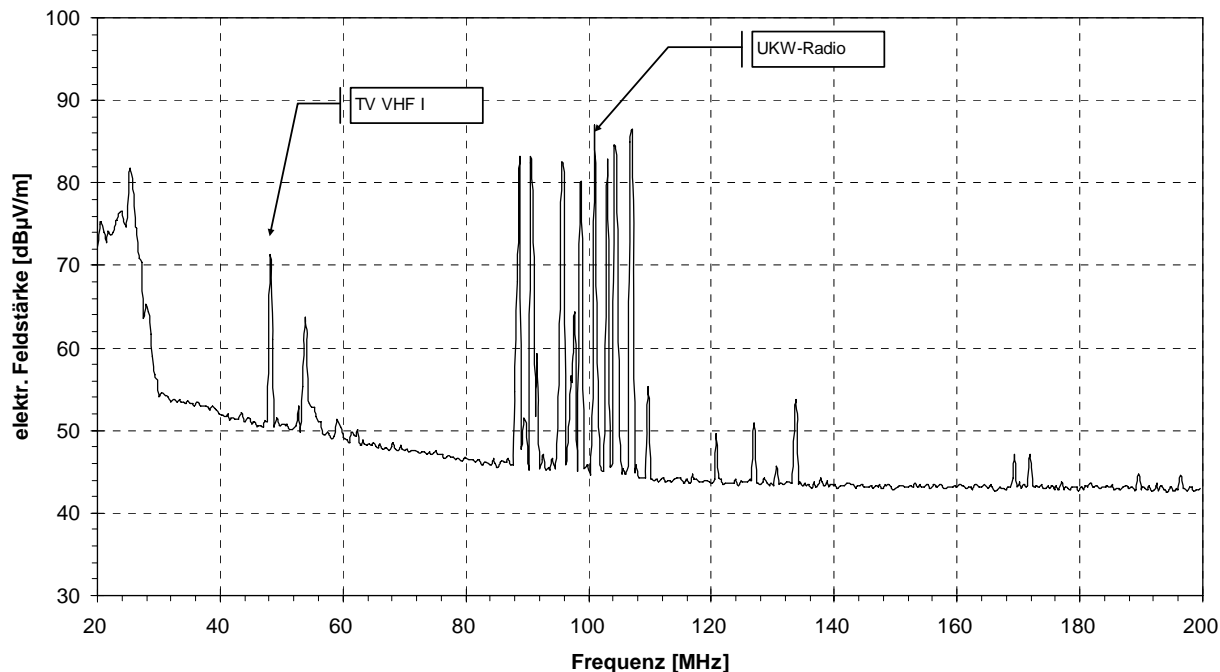


Abb. 9: Frequenzspektrum 20 bis 200 MHz – Messpunkt #1

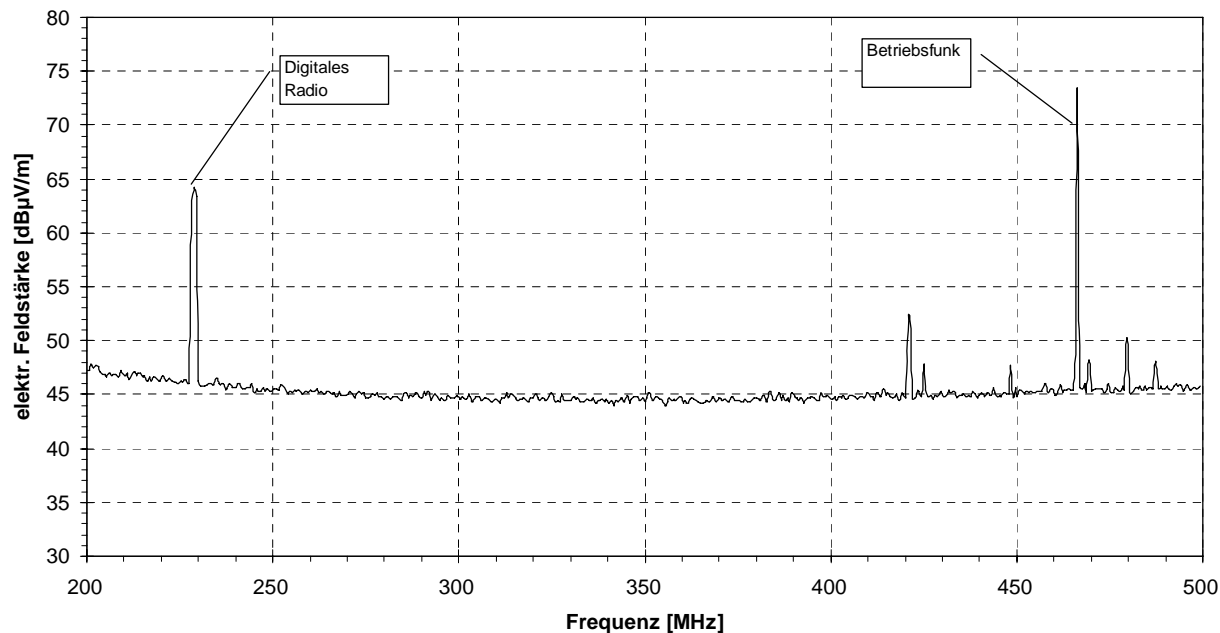


Abb. 10: Frequenzspektrum 200 bis 500 MHz – Messpunkt #1



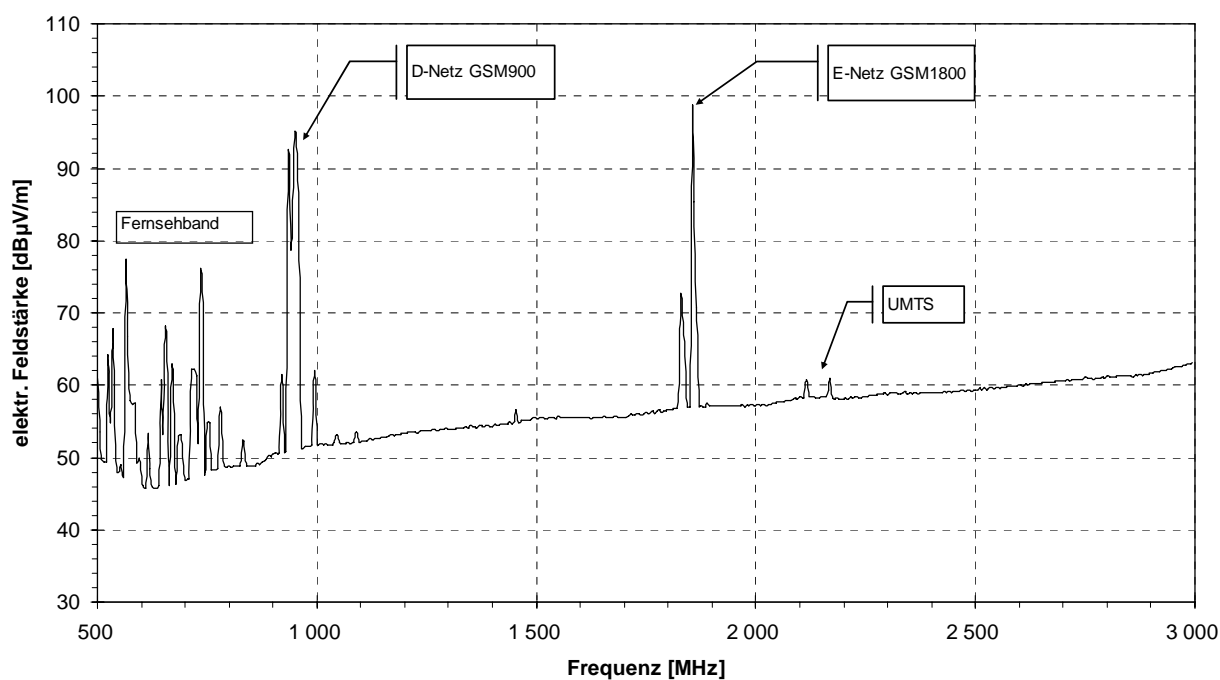


Abb. 11: Frequenzspektrum 500 bis 3000 MHz - Messpunkt #2

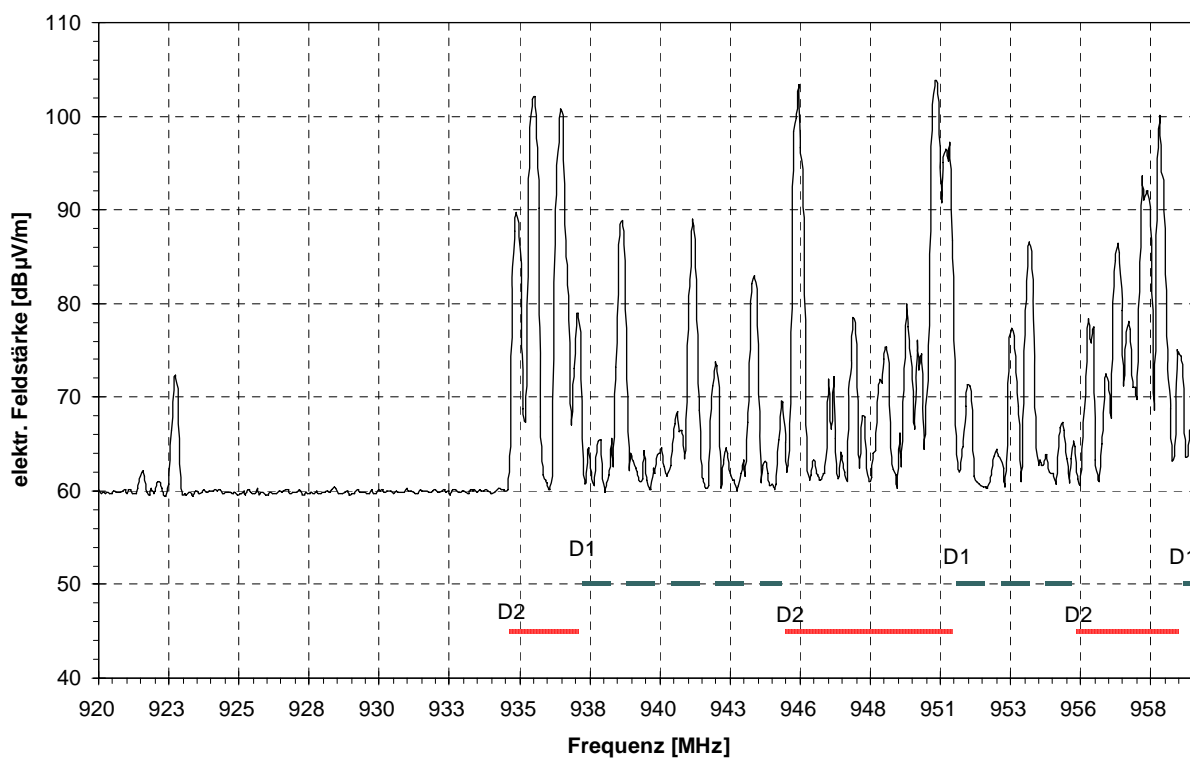


Abb. 12: Frequenzspektrum Mobilfunk – D-Netzband - Messpunkt #2

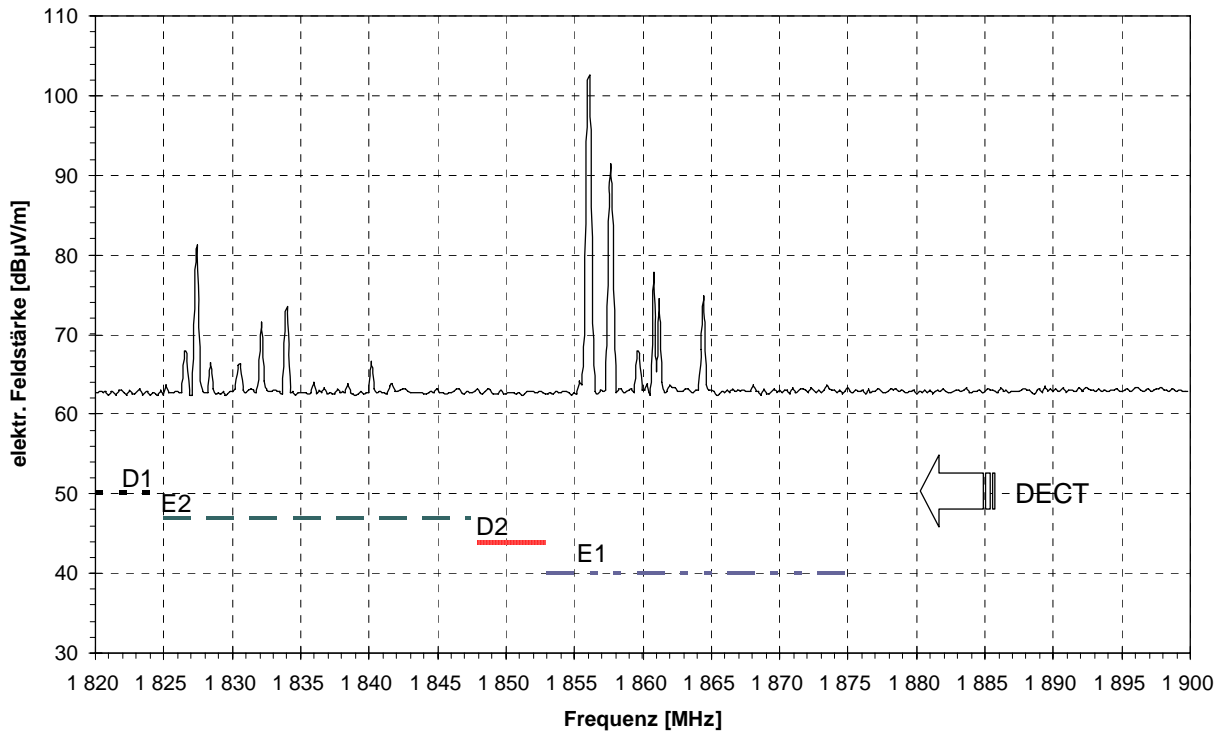


Abb. 13: Frequenzspektrum Mobilfunk – E-Netzband und DECT - Messpunkt #2

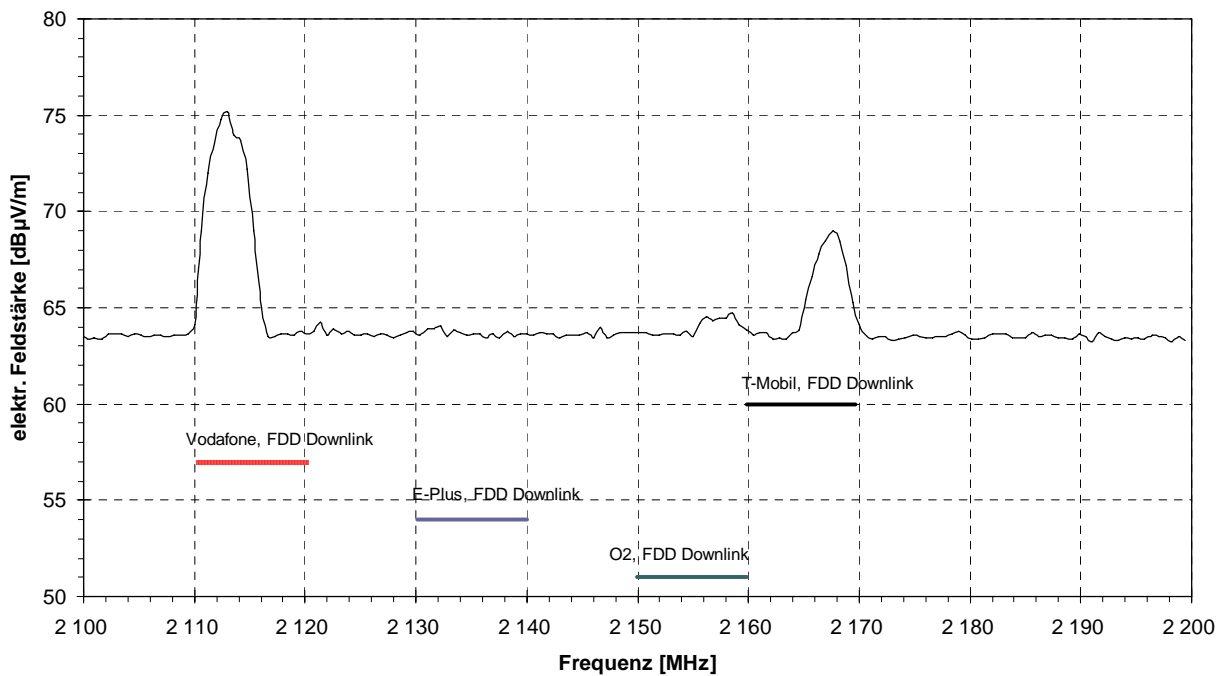


Abb. 14: Frequenzspektrum UMTS - Messpunkt #2

## 7.4 Literatur

- [1] Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV) vom 16. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1966)
- [2] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. Bundes-Immissionsschutzverordnung) des Ländersausschusses für Immissionsschutz; 2004
- [3] DIN VDE 0848-1/ August 2000, Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern
- [4] Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV), Schweizer Bundesrat vom 23.12.1999; veröffentlicht durch das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
- [5] ICNIRP - Richtlinie 1998, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Physics 74 (4): 494-522; 1998.
- [6] DIN EN 60601-1-2 (Ausgabe 2001); Medizinisch elektrische Geräte; Teil 1-2: Allgemeine Festlegung für die Sicherheit – Ergänzungsnorm: Elektromagnetische Verträglichkeit - Anforderungen und Prüfungen.
- [7] Peinsipp, Norbert: Verordnung über elektromagnetische Felder; Immissionsschutz 3.1997.
- [8] SSK 2001, Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern, Empfehlung der Strahlenschutzkommission; Verabschiedet in der 173. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 04. Juli 2001.

## 7.5 Glossar – Verwendete Abkürzungen

Antennensektor	horizontaler Winkelbereich, in den die Antennen abstrahlen. Es sind zwei Haupttypen im Einsatz: einerseits Rundstrahler, die einen Winkelbereich von 360 ° mit einer Antenne versorgen, andererseits Sektorantennen, die einen Winkelbereich von 60° bis 90° versorgen. Eine deckende Funkversorgung wird daher durch die Anordnung von 3 um 120° versetzte Antennen erreicht.
Basisstation	GSM-Mobilfunksendestation eines Netzbetreibers
BCCH	Broadcast Control Channel, wird immer mit konstanter maximaler Leistung von der Basisstation ausgestrahlt. Das Handy beurteilt anhand dieses Kanals, wie gut der Empfang zu der Basisstation ist
BImSchV	Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)
BOS	Funknetz der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, d. h. Feuerwehr, Polizei, Rettungsdienste
D1	Abkürzung für GSM-Netz der Firma T-Mobile GmbH
D1-UMTS	Abkürzung für UMTS-Netz der Firma T-Mobile GmbH
D2	Abkürzung für GSM-Netz der Firma Vodafone D2 GmbH
D2-UMTS	Abkürzung für UMTS-Netz der Firma Vodafone D2 GmbH
DECT	Digitaler Übertragungsstandard bei schnurlosen Telefonen. DECT-Telefone können im Freien eine Reichweite bis zu 300 m haben. Sie senden im Frequenzbereich von 1880 MHz bis 1900 MHz. Abkürzung für <u>D</u> igital <u>E</u> nhanced <u>C</u> ordless <u>T</u> elecommunication.
Dezibel- Mikrovolt pro Meter (dBµV/m)	in der Hochfrequenztechnik gebräuchliche Maßeinheit für die elektrische Feldstärke auf der Basis von Mikrovolt (entsprechend 1 Millionstel Volt). Dezibel ist eine logarithmische Einheit: Ein Sprung von 6 Dezibel entspricht hier einer Verdopplung der Intensität. Ein Sender dessen Immissionsfeldstärke mit 120 dBµV/m (entsprechend 1 V/m) gemessen wurde ist daher am Immissionsort doppelt so stark, wie ein Sender mit der Feldstärke von 114 dBµV/m (entsprechend 0,5 V/m).
D-Netz	auch GSM 900-Netz genannt. Der Frequenzbereich im Downlink für das D-Netz liegt in Deutschland zwischen 935 MHz bis 960 MHz. Im D-Netz senden die Mobilfunknetzbetreiber T-Mobile und Vodafone.
Downlink	Abstrahlung einer Basisstation bei einer Funkverbindung im Gegensatz zu "Uplink"
E	Formelzeichen für elektrische Feldstärke
E1	Abkürzung für GSM-Netz der Firma E-Plus Mobilfunk GmbH
E1-UMTS	Abkürzung für UMTS-Netz der Firma E-Plus Mobilfunk GmbH
E2	Abkürzung für GSM-Netz der Firma O2 (Germany) GmbH
E2-UMTS	Abkürzung für UMTS-Netz der Firma O2 (Germany) GmbH
EMF	Abkz. für <u>E</u> lektromagnetische <u>F</u> elder
E-Netz	auch GSM 1800-Netz genannt. Der Frequenzbereich im Downlink für das E-Netz liegt in Deutschland zwischen 1820 MHz bis 1880 MHz. Im E-Netz senden hauptsächlich die Mobilfunknetzbetreiber E-Plus und O2, jedoch haben auch T-Mobile und Vodafone hier einen Frequenzbereich zur Verfügung.
Frequenz	Schwingungsanzahl von Wellen je Sekunde, gemessen in Herz
Gigahertz (GHz)	Technische Einheit für 1 Milliarde Schwingung pro Sekunde
GSM	Abkürzung für <u>G</u> lobal <u>S</u> ystem of <u>M</u> obile <u>C</u> ommunication; Mobilfunksystem der zweiten Generation (2G); Bezeichnung für den im D-Netz, E-Netz und GSM Rail gebräuchlichen digitalen Übertragungsstandard.
GSM Rail	Mobilfunknetz der Deutschen Bahn basierend auf dem GSM-Standard. Die Sendefrequenzen liegen im Bereich 920 MHz bis 925 MHz.
Hertz (Hz)	Technische Einheit für 1 Schwingung pro Sekunde

HSK	Hauptsendekeule; Hauptabstrahlrichtung einer Antenne
LOS	Line of Sight; es besteht Sichtverbindung zu einer Antenne
Megahertz (MHz)	Technische Einheit für 1 Million Schwingung pro Sekunde
NLOS	Non Line of Sight; es besteht keine Sichtverbindung zu einer Antenne
Node B	Bezeichnung für eine Basisstation im UMTS-Netz
nöF	nichtöffentlicher Festfunk
nöML	nichtöffentlicher mobiler Landfunk
RegTP	Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post
Repeater	Verstärkt die Mobilfunkstrahlung; wird z. B. in Gebäuden eingesetzt, in denen schlechter Empfang besteht, oder in hügeligen Gelände um abgeschattete Gebiete besser zu versorgen.
Rx	Receiving Channels; Abkürzung für Empfangskanäle; Im Gegensatz zu Tx
Sendeleistung	Die von einer Sendeantenne abgestrahlte Leistung
TCH	<u>T</u> raffic <u>C</u> hannel, Verkehrskanal. Die Ausstrahlung der Verkehrskanäle ist abhängig vom Gesprächsaufkommen und der Verbindungsqualität. Bei wenigen Gesprächen wird nur der BCCH-Kanal ausgestrahlt. Bei steigendem Gesprächsaufkommen werden sukzessive ein oder mehrere TCH-Kanäle hinzu geschaltet. Diese sind leistungsgeregelt, d. h. besteht eine gute Verbindung zum Handy kann die abgestrahlte Leistung reduziert werden. Maximal 8 Gespräche können über einen TCH-Kanal gleichzeitig geführt werden.
Tx	Transmitting Channels; Abkürzung für Sendekanäle; Überbegriff für BCCH und TCH-Kanäle, Im Gegensatz zu Rx
UHF	<u>U</u> ltra <u>H</u> igh <u>F</u> requency – Band, ein Sendefrequenzbereich für Fernsehkanäle
UHS	<u>U</u> ltra <u>H</u> igh <u>S</u> ite, von der Fa. E-Plus patentiertes Verfahren, zur ergänzenden, flächendeckenden UMTS-Versorgung von Ballungsräumen von Standorten mit einer Höhe größer 100 m
UKW	<u>U</u> ltrakurzwelle
UMTS	<u>U</u> niversal <u>M</u> obile <u>T</u> elecommunication <u>S</u> ystem; Mobilfunksystem der dritten Generation (3G) mit deutlich höherer Datenübertragungskapazität und anderem Übertragungsstandard. Das Netz ist derzeit im Aufbau.
Uplink	Abstrahlung eines Handys bei einer Funkverbindung im Gegensatz zu "Downlink"
VHF	<u>V</u> ery <u>H</u> igh <u>F</u> requency– Band, ein Sendefrequenzbereich für Fernsehkanäle
Volt pro Meter (V/m)	Technische Maßeinheit für die elektrische Feldstärke. Diese ist ein Maß für den Spannungsabfall zwischen zwei Punkten. Die Feldstärke von 1 V/m entspricht daher einer Spannungsverminderung von 1 Volt in 1 m Abstand. In dieser Einheit sind die Grenzwerte der 26. BImSchV angegeben.
Watt (W)	Technische Einheit für die Sendeleistung
Watt pro Quadratmeter (W/m²)	Technische Einheit für die Leistungsflussdichte, auch in den Einheiten mW/m² = 1/1.000 W/m² und µW/m² = 1/1.000.000 W/m² gebräuchlich