

## Mobilfunk-Messreihe Thüringen

### Ergebnisse einer umfangreichen Messreihe zur Untersuchung der Immissionen in der Umgebung von GSM- und UMTS-Mobilfunksendeanlagen

Unter dem Motto „Sicherheit durch Transparenz – TÜV und IZMF stellen Mobilfunk auf den Prüfstand“ wurde im Frühjahr 2006 in Thüringen eine landesweite Messreihe in der Umgebung von GSM- und UMTS-Mobilfunksendeanlagen durchgeführt.

Ziel der Untersuchungen war es, die Größe der elektromagnetischen Immissionen von Mobilfunksendeanlagen eingehend zu analysieren. Dabei sollten typische Expositionsszenarien untersucht werden, um aus den gemessenen Immissionswerten Abschätzungen für vergleichbare Standorte abzuleiten. Die Überprüfung der Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte nach 26. BImSchV stand dabei nicht im Vordergrund, da dies bereits von der Bundesnetzagentur (BNetzA) im Rahmen des Standortbescheinigungsverfahrens für ortsfeste Funkanlagen ausreichend konservativ durchgeführt wird.

Hauptsächlich wurden die Mobilfunkimmissionen in der unmittelbaren Nähe von Mobilfunksendeanlagen gemessen. Zusätzlich wurden an denjenigen Messpunkten, die sich außerhalb von Wohnungen befanden, auch die hochfrequenten Immissionen anderer Funkdienste im Frequenzbereich 9 kHz bis 3 GHz ermittelt. Hierzu gehören vor allem analoge und digitale Rundfunk- und Fernsehsender, aber auch Radaranlagen und BOS-Funk (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben). Wo relevant, wurden innerhalb von Wohnungen auch die Immissionen durch schnurlose Telefone (DECT) gemessen.

Am Projekt waren unterschiedliche Organisationen beteiligt: Die Immissionsmessungen wurden vom TÜV Nord durchgeführt. Das Messkonzept, die Auswertung der Messergebnisse sowie die Qualitätssicherung wurde von der IMST GmbH erarbeitet. Die Auswahl der Kommunen, die an der Studie beteiligt waren, erfolgte in Abstimmung mit dem Gemeinde- und Städtebund Thüringen sowie mit dem Thüringischen Landkreistag. Die Anlagenstandorte, in deren Umgebung die Messungen durchgeführt wurden, sowie konkrete Messpunkte wurden von den Kommunen vorgeschlagen. Die letztendliche Auswahl der Anlagen und Messpunkte erfolgte durch die IMST GmbH, den TÜV, Vertreter der BNetzA sowie der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG), die die Messreihe fachlich begleitete. Die gesamte Messreihe stand unter der Schirmherrschaft des Thüringer Ministeriums für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt. Finanziert wurde das Projekt durch das Informationszentrum Mobilfunk e. V. (IZMF).

Die Auswahl der Sendeanlagen erfolgte vor dem Hintergrund, möglichst verschiedenartige Anlagenarten einzubeziehen, um einen repräsentativen Querschnitt abzubilden. So wurden sowohl Anlagen im städtischen und ländlichen Umfeld, auf Masten und auf Hausdächern installierte Anlagen, Anlagen mit einem und mehreren Betreibern sowie GSM- und UMTS-Anlagen bzw. sogar kombinierte Anlagen an demselben Standort berücksichtigt. Die Auswahl der Messpunkte erfolgte nach ähnlichen Kriterien: Hier



**Christian Bornkessel,  
IMST GmbH, Kamp-Lintfort**

### Projektbeschreibung

wurden sowohl verschiedene Abstände von der Anlage (von 5 m bis etwa 400 m), verschiedene Höhenunterschiede und Ausrichtungen zu Anlage sowie Messpunkte innerhalb von Wohnungen und im Freien berücksichtigt. Die Messpunkte sind somit repräsentativ für typische Expositionsszenarien, wie man sie im direkten Umfeld von Mobilfunksendeanlagen antrifft, wobei hier insbesondere auch maximal exponierte Szenarien berücksichtigt wurden. Außerdem wurden auch solche Messpunkte betrachtet, die oftmals im Fokus der öffentlichen Diskussion stehen, also Messpunkte z. B. in Kindergärten, Kindertagesstätten oder Schulen.

Insgesamt wurden die Messungen an 53 Messpunkten in 11 Städten durchgeführt. Von diesen 53 Messpunkten befanden sich 26 Messpunkte innerhalb von Gebäuden und 27 in Außenbereichen.

Durch die „Mobilfunk-Messreihe Thüringen“ sollten insbesondere folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie groß sind die elektromagnetischen Immissionen in direkter Umgebung zu Mobilfunksendeanlagen?
- Sind die Immissionsanteile durch GSM- und UMTS-Mobilfunksendeanlagen vergleichbar?
- Wie verteilen sich die Immissionen im Umfeld der Anlage?
- Welche Einflussfaktoren bestimmen die Größe der Immission an einem Messpunkt? Gibt es typische Eigenschaften, die sich auch an vergleichbaren Anlagenkonfigurationen wiederfinden lassen?
- Wie verhält sich die Immission bei verschiedenen Abständen und Höhenausrichtungen zur Anlage?
- Wie ist der zeitliche Verlauf der Mobilfunkimmissionen über einen Zeitraum von 24 Stunden?
- Wie ist das Verhältnis der Mobilfunkimmissionen zu den Immissionen anderer Hochfrequenzquellen wie Rundfunk- und Fernsehsender sowie DECT-Telefone?

An je einem Außenmesspunkt pro Mobilfunkstandort wurde vom TÜV nach der „Messvorschrift für bundesweite EMVU-Messreihen der vorhandenen Umgebungsfeldstärken Reg TP MV09/EMF/3“ [Reg TP 03] der Bundesnetzagentur gemessen. Bei dieser Messvorschrift werden mit einem Spektrumanalysator und geeigneten Empfangsantennen frequenzselektiv alle hochfrequenten Immissionen im Frequenzbereich 9 kHz bis 3 GHz ermittelt. Der gesamte Frequenzbereich ist dabei in mehrere Einzelbänder untergliedert, für die jeweils konkrete Einstellungen bezüglich Auflösebandbreite (RBW), Videobandbreite (VBW) und Sweeptime festgelegt sind. Die Messantenne wird in 1,5 m Höhe über dem Boden montiert und während der Messung bezüglich Polarisierung und Ausrichtung gedreht. Während der Messungen läuft der Spektrumanalysator in der Betriebsart „max-hold“, so dass dadurch die Immissionen mit ihrem Maximalwert erfasst werden. Für die Messungen besonderer Aussendungen wie digitales Fernsehen (DVB-T), digitaler Rundfunk (DAB) und UMTS-Mobilfunk sind spezielle Einstellungen beschrieben. Gemäß den „Empfehlungen des Rates der Europäischen Union zur Begrenzung der Exposition durch elektromagnetische Felder“ [99/519/EG] werden die Messwerte anhand von Summationsformeln zusammengefasst und als Ausschöpfungsgrad der Grenzwerte bezüglich der elektrischen Leistungsflussdichte angegeben. Alle nach dieser Messvorschrift durchgeführten Messungen sind miteinander vergleichbar. Somit konnten die bei der „Mobilfunk-Messreihe Thüringen“ ermittelten Werte in die Standort-Datenbank der Bundesnetzagentur eingepflegt werden, siehe: <http://www.bundesnetzagentur.de>.

## Fragestellungen

## Messverfahren

Als zusätzliches Messverfahren wandte der TÜV zur speziellen Berücksichtigung der GSM- und UMTS-Mobilfunkimmissionen an allen Messpunkten die „Schwenkmethode mit Hochrechnung auf den maximalen Betriebszustand der Anlage“ an. Bei diesem Verfahren wird am zu untersuchenden Messpunkt eine handgeführte Messantenne durch das Messvolumen geschwenkt, wobei das Messgerät auch hier in der Betriebsart „max-hold“ arbeitet und somit die maximalen Immissionen im Messvolumen aufzeichnet. Der TÜV Nord verwendete hierbei eine isotrope Messantenne, so dass ein Drehen der Antenne zur Berücksichtigung von unterschiedlichen Polarisationsrichtungen der Immission, wie es z. B. bei bikonischen oder logarithmisch-periodischen Antennen zusätzlich zum Schwenkvorgang notwendig wäre, entfallen konnte.

Bei diesen mobilfunkspezifischen Messungen wurden in den GSM-Mobilfunkbereichen die gemessenen Einzelimmissionen nicht einfach addiert, sondern wie folgt ausgewertet: Laut 26. BImSchV sind die Immissionen bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung zu ermitteln. Da Mobilfunkanlagen mit einer auf die momentane Verkehrssituation angepassten Sendeleistung arbeiten, gibt eine Messung zu einem festen Zeitpunkt aufgrund wechselnder Verkehrsauslastung der Mobilfunkanlage nur einen Augenblickszustand, jedoch nicht den Maximalzustand wieder. Deswegen wurde aus den gemessenen Einzelimmissionen die durch die Signalisierungskanäle (BCCH, Broadcast Control Channel) hervorgerufenen Immissionen extrahiert. Da die BCCH-Signale mit konstanter Sendeleistung, also unabhängig vom momentanen Verkehrsaufkommen, gesendet werden, kann durch leistungsbezogene Multiplikation der BCCH-Immission mit der bei der BNetzA maximal beantragten Kanalzahl der Anlage zuverlässig auf die maximal mögliche Immission geschlossen werden. Hierbei muss betont werden, dass die solchermaßen ermittelte maximale Immission einen theoretischen Höchstwert darstellt, der in der Regel nicht erreicht wird, da aufgrund der Leistungsregelungsmechanismen eine GSM-Basisstation nie permanent mit allen beantragten (aber unter Umständen noch nicht einmal installierten) Kanälen auf maximaler Sendeleistung arbeitet.

Für UMTS-Sendeanlagen wurde statt des frequenzselektiven ein codeselektives Messverfahren angewendet. Aufgrund des Gleichwellenprinzips (alle UMTS-Sendeanlagen eines Betreibers senden derzeit auf ein und derselben bzw. maximal zwei Frequenzen) und bedingt durch den fehlenden „Kontrollkanal“ mit separater Frequenz kann bei einer frequenzselektiven Messung aus dem Messwert nicht zuverlässig auf die maximale Anlagenauslastung extrapoliert werden. Jedoch gibt es mit dem P-CPICH (Primary Common Pilot Channel) auch bei UMTS einen zur Zeit noch mit konstanter Sendeleistung verbreiteten Kanal, der allerdings im Frequenzspektrum nicht separat aufzufinden ist. Hierzu werden codeselektive Messgeräte benötigt, die das Signal einer UMTS-Station dekodieren und die Immission des P-CPICH extrahieren können. Wenn also, wie derzeit häufig anzutreffen ist, der P-CPICH mit 10 % der maximalen Sendeleistung eines Kanals abgestrahlt wird, kann aus der ermittelten Immission des P-CPICH durch leistungsbezogene Multiplikation mit einem Faktor 10 zuverlässig auf die maximale Sendeleistung einer Anlage geschlossen werden. Der prozentuale Anteil des P-CPICH jeder Station wurde bei den Netzbetreibern erfragt, um Besonderheiten bei einzelnen Betreibern bzw. Anlagen berücksichtigen zu können. Außerdem ist mittels des so genannten „Scrambling-Codes“ die betreffende Basisstation bzw. der einzelne Sektor identifizierbar, der die gerade gemessene Immission erzeugt. Da dieser Wert bei codeselektiven Messgeräten mit ausgegeben wird, können die Immissionen von unterschiedlichen Basisstationen voneinander separiert werden.

Die codeselektive Messtechnik ist eine vergleichsweise neue Messtechnik, die bislang noch wenig verifiziert war. In [BOR 06] wurden umfangreiche Untersuchungen zur

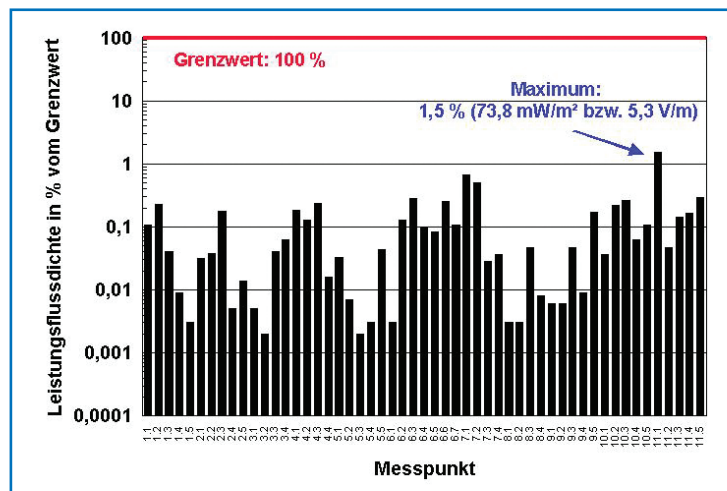
prinzipiellen Eignung der codeselektiven Messmethode sowie zur Eignung verfügbarer Messgeräte durchgeführt. Hierbei wurde festgestellt, dass die codeselektive Messmethode derzeit die geeignetste Methode zur Ermittlung der Immissionen von UMTS-Mobilfunksendeanlagen ist und eine genaue und reproduzierbare Messung gestattet. Vom TÜV Nord wurde für die codeselektiven Messungen ein Spektrumanalysator Rohde & Schwarz FSP-3 mit codeselektiver Messooption und Steuerung durch die Messsoftware Rohde & Schwarz RFEF eingesetzt.

Die Messunsicherheit der frequenzselektiven und codeselektiven Messungen liegt etwa im Bereich von  $\pm 3$  dB (Vertrauensintervall 95 %). Aus Qualitätssicherungsgründen wurde vor Beginn der Messreihe eine Vergleichsmessung auf dem Dach der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie in Jena durchgeführt. Bei dieser Messung waren der TÜV Nord, die IMST GmbH sowie die TLUG mit Messgeräten vertreten. Als Ergebnis der Messungen mit besonderem Schwerpunkt auf den mobilfunkspezifischen Messungen konnte die Eignung der eingesetzten Messgeräte und Messmethoden bestätigt werden.

Im folgenden sollen die wichtigsten Ergebnisse der Messungen vorgestellt werden:

Die Ergebnisse der Summe aus GSM- und UMTS-Immissionen an den 53 Messpunkten sind in Abbildung 1 dargestellt. Abgebildet ist die Grenzwertausschöpfung bezüglich der elektrischen Leistungsflussdichte; diese Einheit wird bei den bundesweiten EMVU-Messreihen der Bundesnetzagentur ebenfalls verwendet.

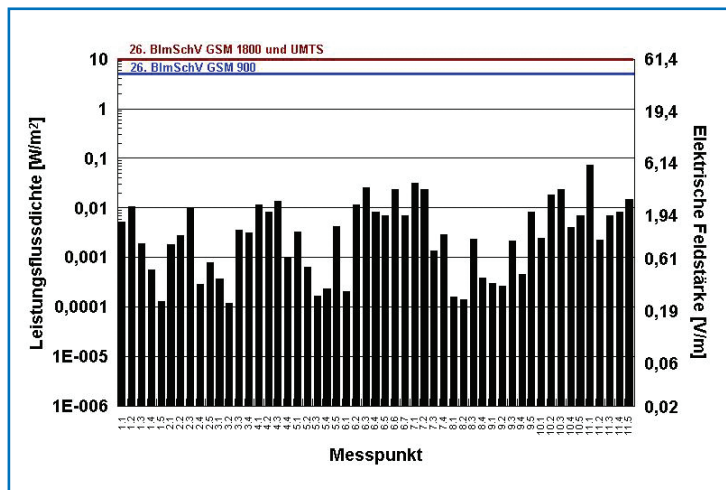
## Immissionen durch Mobilfunk



**Abbildung 1: Summenimmission von GSM und UMTS-Mobilfunk als Grenzwertausschöpfung**

Die Spanne der gemessenen Immissionen reicht von 0,003 % bis 1,5 % Grenzwertausschöpfung bezüglich der elektrischen Leistungsflussdichte. Hierbei ist wie oben bereits beschrieben zu berücksichtigen, dass diese Werte keine Momentan- oder Durchschnittswerte darstellen, sondern durch Anwendung der Schwenkmethode und Hochrechnung auf den maximalen Betriebszustand sowohl räumlich als auch zeitlich Maximalwerte sind. Der Median beträgt 0,046 % des Grenzwertes. An 33 der 53 Messpunkte wurden Immissionen kleiner als 0,1 % des Grenzwertes gemessen.

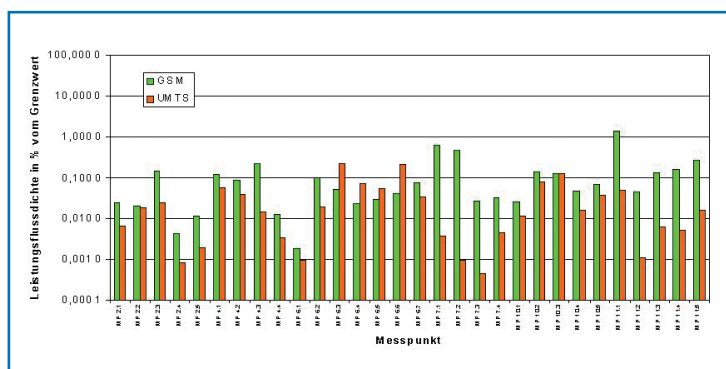
In Abbildung 2 sind die Immissionen als Absolutwerte dargestellt. Die linke Achse beschreibt die Immission als elektrische Leistungsflussdichte in  $W/m^2$ , die rechte Achse als elektrische Feldstärke in  $V/m$ .



**Abbildung 2: Summenimmission von GSM und UMTS-Mobilfunk als Absolutwerte**

An sechs der untersuchten Standorte waren UMTS- und GSM-Anlagen gemeinsam installiert. Somit stehen insgesamt 30 Messpunkte zur Verfügung, an denen ein Vergleich der GSM- und UMTS-Immissionen, die vom selben Standort stammen, durchgeführt werden kann. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis der Analyse: An über 80 % der Messpunkte überwiegen die Immissionen durch die GSM-Systeme. Diese deutliche Dominanz ist auch bei ähnlichen Messreihen zu beobachten [BOR 05, IZMF 05]. In einem aktuellen Forschungsprojekt im Deutschen Mobilfunkforschungsprogramm [BOR 06] ist dieser Zusammenhang anhand systematischer Untersuchungen ebenfalls bestätigt und näher analysiert worden. Als Ursache wurden hier vor allem die folgenden drei Gründe herausgearbeitet:

- Die gegenüber UMTS-Antennen deutlich breitere Hauptstrahlrichtung von GSM900-Antennen führt dazu, dass im Umfeld von GSM900-Anlagen mehr Messpunkte in oder nahe der Hauptstrahlrichtung der Antennen liegen und eine höhere Immission erfahren.
- Oftmals sind die bei GSM-Systemen installierten Sendeleistungen höher als bei UMTS-Systemen.
- Der im Vergleich zu UMTS-Frequenzen schärfere Grenzwert für GSM900-Frequenzen sorgt dafür, dass auch bei gleichen Absolutimmissionen die GSM900-Immissionen grenzwertbezogen höher sind als die UMTS-Immissionen.

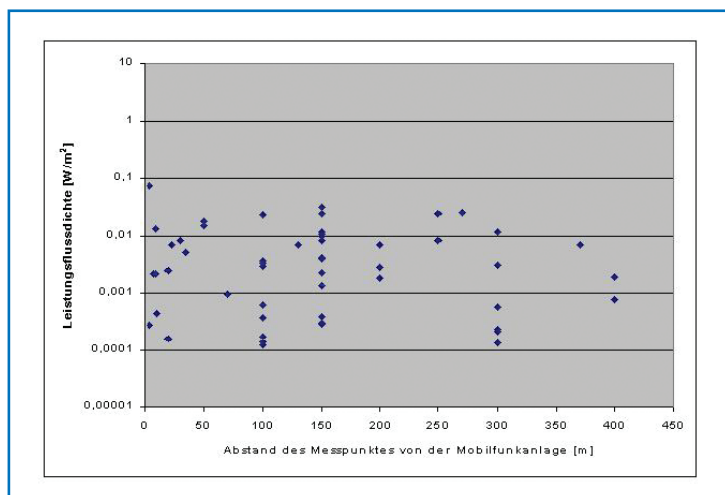


**Abbildung 3: Vergleich von GSM- und UMTS-Immissionen**

## Vergleich der Immissionen durch GSM und UMTS

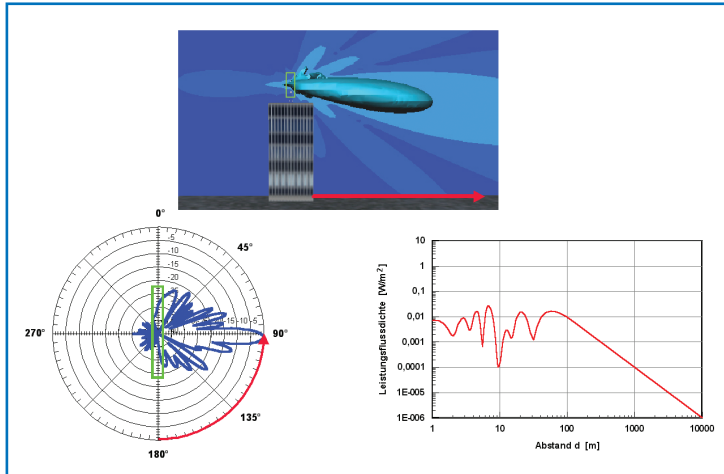
Bei der Analyse der Immissionen in den Abbildungen 1 und 2 fällt auf, dass sich die Immissionen von Messpunkt zu Messpunkt mit Schwankungen von ca. 20 dB sehr stark unterscheiden. Das ist auf den ersten Blick umso verwunderlicher, da die Messpunkte sich alle in unmittelbarer Nähe der Mobilfunkanlagen befanden. Diese Feldvariationen geben Anlass, einige Faktoren, die die Immission beeinflussen, näher zu untersuchen.

Als erster Faktor kommt hierbei die Entfernung zur Basisstation in Betracht. Der zugrunde liegende Effekt ist der, dass die Intensität elektromagnetischer Felder bei steigendem Abstand von der Strahlungsquelle gleichmäßig kleiner wird: Im Idealfall einer ungestörten Freiraumbreitung zum Beispiel nimmt die Leistungsflussdichte mit dem Quadrat der Entfernung ab. Ob dies auch für den hier untersuchten unmittelbaren Nahbereich um eine Mobilfunkanlage zutrifft, kann einfach überprüft werden. So kann man beispielsweise alle Messpunkte in ein Diagramm eintragen, wobei auf der waagerechten Achse der Abstand zu der die Immission maßgeblich beeinflussenden Anlage aufgetragen ist. Das resultierende Diagramm für die hier durchgeführten Messungen ist in Abbildung 4 dargestellt.



**Abbildung 4: Verteilung der Messergebnisse in Abhängigkeit vom Abstand zur Station**

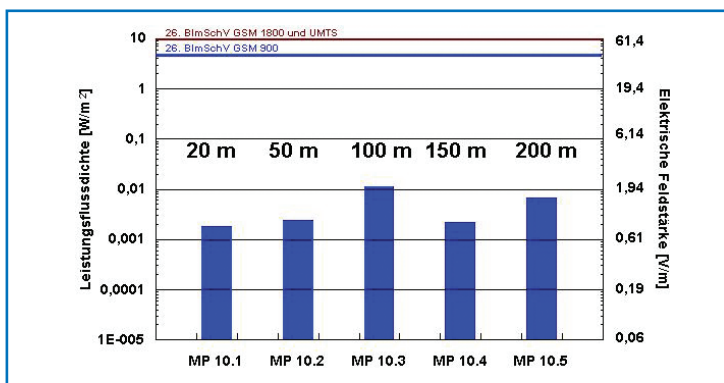
Interessanterweise liegen die Messwerte in unmittelbarer Nähe zur Station nur unwesentlich über bzw. teilweise sogar unter den in größeren Abständen gemessenen Werten. Im gesamten Entfernungsbereich bis etwa 300 m ist die Spannbreite der Immissionen bei einem festen Abstand mit 20-30 dB (Faktor 100 bis 1000 bezüglich der Leistung) sehr hoch. Lediglich ab etwa 350 m scheint eine Abnahme mit der Entfernung tendenziell vorhanden, wobei die verfügbare Punktzahl hier jedoch sehr klein ist. Grundsätzlich lässt sich aus diesem Bild aber ableiten, dass die Entfernung von der Station als Maß für die entstehende Immission offenbar nicht geeignet ist. Die technische Erklärung für diesen Effekt ist in der nachfolgenden Abbildung 5 dargestellt.



**Abbildung 5: Strahlungsdiagramm einer Basisstationsantenne schematisch (oben) und als Diagramm (links unten) mit resultierendem Feldverlauf (rechts unten)**

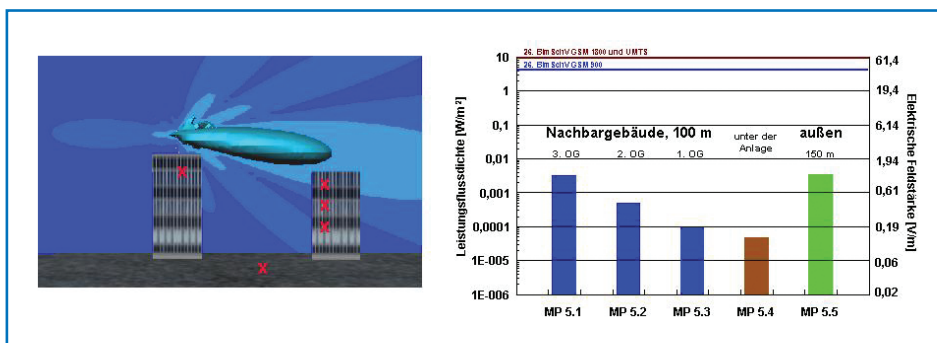
Bei den Basisstationsantennen handelt es sich um Richtantennen, die ihre Energie nicht gleichmäßig in alle Richtungen (isotrop), sondern vorrangig in eine Richtung (Hauptstrahlrichtung, im Bild schräg nach rechts unten geneigt) abstrahlen. Neben dieser Hauptstrahlrichtung existieren noch einige in ihrer Intensität schwächere Nebenstrahlrichtungen. Entfernt sich ein Betrachter von der Anlage, so wie in Abbildung 5 oben durch den roten Pfeil angedeutet, durchläuft er im Antennendiagramm den in Abbildung 5 links unten gezeigten Winkelbereich von 180° bis 90°. Das heißt, dass er ständig von einem Nebenzipfelbereich in den nächsten hineinläuft, bis er (hier etwa bei 60 m, bei höher installierten Antennen auch erst ab einigen 100 m) in den durch die Hauptstrahlrichtung ausgeleuchteten Bereich gelangt. Die Immission, die er während seiner Bewegung erfährt, ist von Ort zu Ort verschieden und würde für die hier dargestellte Antenne etwa den Verlauf wie in Abbildung 5 rechts unten dargestellt annehmen.

Diese theoretischen Verteilungen lassen sich in der Praxis konkret wieder finden: In Gera wurden Messungen an fünf Außenmesspunkten vorgenommen, die in einer Linie zur untersuchten Station lagen; MP 10.2 bis 10.5 hatten dabei Sicht zur Anlage. In Abbildung 6 ist das Ergebnis dargestellt, das mit dem prognostizierten unregelmäßigen Feldverlauf aus Abbildung 5 qualitativ gut übereinstimmt. Außerdem führen unterschiedliche Sichtverhältnisse (Messpunkt 10.1 hatte keine Sicht) ebenfalls zu unterschiedlichen Immissionen.



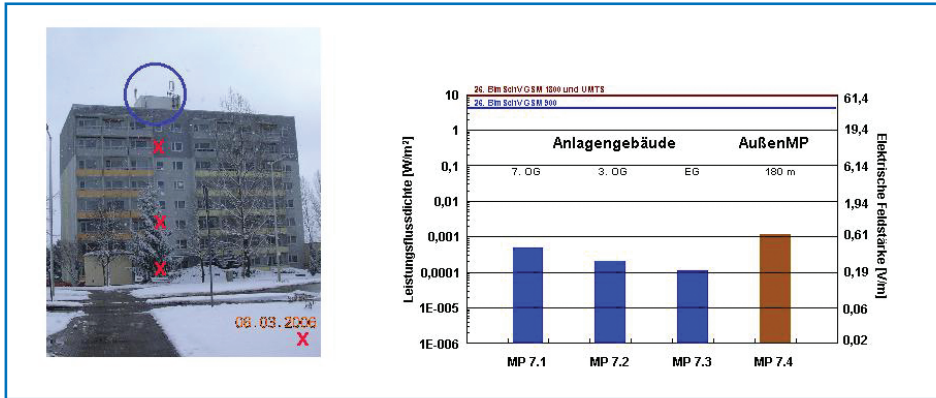
**Abbildung 6: Gemessener Abstandsverlauf in Gera**

Als Ergebnis des oben Gesagten kann die Vermutung aufgestellt werden, dass weniger der Abstand von der Anlage, sondern eher die Lage zur Hauptstrahlrichtung der Antenne die Immission beeinflusst. Dieses lässt sich sehr anschaulich am Messbeispiel in Ilmenau, Abbildung 7 überprüfen: Auf dem Dach eines mehrstöckigen Wohnblocks ist eine Mobilfunkanlage installiert, in etwa 100 m Entfernung befindet sich ein zweiter Wohnblock. Gemessen wurde (rot markiert in Abbildung 7) in drei Etagen (selbe Flucht) des benachbarten Wohnblocks mit Sicht zur Anlage, unter der Antenne im obersten Geschoss des Anlagengebäudes sowie an einem Außenmesspunkt. Sehr gut zu sehen ist die Abnahme der Immission über der Geschosstiefe im benachbarten Gebäude. Obwohl alle drei Messpunkte in der gleichen Entfernung liegen, ist die Immission unterschiedlich. Derjenige Messpunkt, der der Hauptstrahlrichtung am nächsten liegt, weist die höhere Immission auf. An einem Außenmesspunkt, offenbar in Hauptstrahlrichtung, ist die Immission insgesamt am größten, obwohl sich dieser Punkt weiter von der Antenne entfernt befindet als das benachbarte Gebäude. Direkt unter der Anlage ist die Immission am geringsten. Diesen Effekt findet man häufig vor allem in Gebäuden mit stark dämpfendem Deckenmaterial, z. B. Stahlbetondecken. Das vertikal stark gebündelte Abstrahlungsverhalten der Antenne in Verbindung mit der großen Dämpfung durch die Gebäudedecke führt dazu, dass unter der Anlage häufig vergleichsweise geringe Immissionen auftreten. Dieser Effekt ist bei Gebäuden mit Holz- oder Ziegeldeckenkonstruktionen weniger stark ausgeprägt, außerdem können Dachluken die elektrische „Durchlässigkeit“ der Decke vergrößern. Allerdings ist auch in diesen Fällen die Immission unter der Anlage wesentlich kleiner, als es der geringe Abstand zur Antenne vermuten ließe.



**Abbildung 7: Höhenabhängigkeit der Immission am Beispiel Ilmenau**

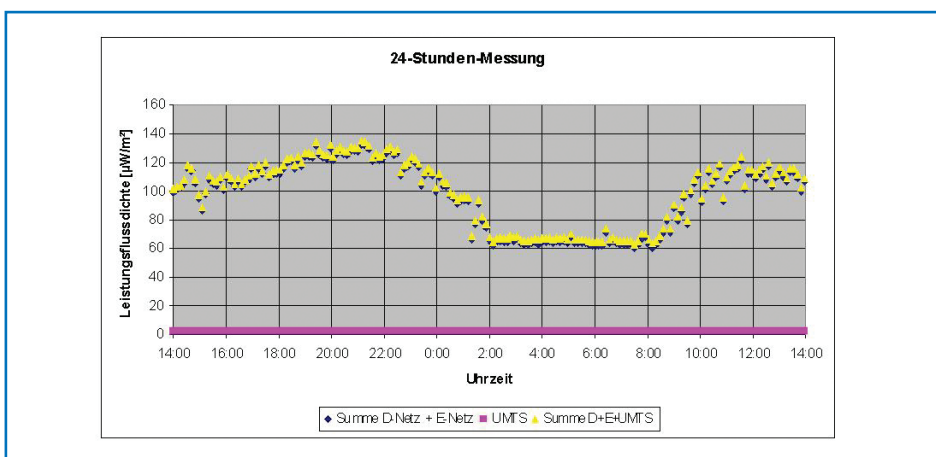
Zur Untersuchung der Deckendämpfung wurden spezielle Messungen in verschiedenen Stockwerken von Gebäuden durchgeführt, auf denen sich eine Mobilfunkanlage befindet. Abbildung 8 zeigt ein Beispiel aus Nordhausen: In drei übereinander liegenden Stockwerken nimmt die Immission in Richtung Erdgeschoss stetig ab, da die Anzahl der Decken zwischen Messpunkt und Anlage und somit die Deckendämpfung zum Erdgeschoss hin steigt. Im Gebäude ist die Immission wiederum kleiner als an einem Außenmesspunkt, da dieser freie Sicht zur Antenne hat und somit keine Dämpfung durch das Gebäude erfährt.



**Abbildung 8: Untersuchung der Dämpfungswirkung von Gebäudedecken am Beispiel Nordhausen**

Vom TÜV wurde auch eine Langzeitmessung der Mobilfunkimmissionen über einen Zeitraum von 24 Stunden durchgeführt. Hierdurch sollte das zeitliche Verhalten der Mobilfunkimmissionen, insbesondere unter Berücksichtigung der Leistungsregelung der Mobilfunk-Sendeanlagen, analysiert werden. Die Messung fand mit einer isotropen Messsonde an einem festen Messort statt, d. h. es wurde kein Schwenkvorgang durchgeführt. Ebenso wurde nicht auf maximale Anlagenauslastung extrapoliert, da dieser Wert ja einen zeitlich nicht variierenden, maximalen Wert angäbe. Insofern erfolgte auch die Messung der UMTS-Immission frequenzselektiv, wobei hier aufgrund des hohen Crestfaktors des UMTS-Signals ein RMS-Detektor am Spektrumanalysator sowie eine auf die Signalbandbreite angepasste Auflösebandbreite zwingend notwendig sind. In Abbildung 9 ist das Ergebnis der Messung zu sehen: Im GSM-Netz sind deutliche Schwankungen über den tageszeitlichen Verlauf zu erkennen: Ein Maximum tritt etwa um 20 Uhr auf, wohingegen in den Nacht- bzw. frühen Morgenstunden (zwischen etwa 2 und 8 Uhr) die Immission konstant auf ein Niveau von etwa 60  $\mu\text{W m}^2$  absinkt. Diese Immission wird durch die Kontrollkanäle verursacht, wohingegen in den Tagstunden je nach angeforderter Kapazität zusätzliche Verkehrskanäle zugeschaltet werden, die eine vom jeweiligen Verkehrsaufkommen abhängende, zeitlich variierende Immission verursachen. UMTS-Immissionen wurden ebenfalls gemessen; diese wiesen aber keinen tageszeitlichen Verlauf auf. Das ist sicherlich auf die zum Zeitpunkt der Messung vorliegende schwache Verkehrslast im UMTS-Netz zurückzuführen.

## Langzeitmessungen



**Abbildung 9: Ergebnis der Langzeitmessung über 24 Stunden**

Wie eingangs erwähnt, wurden im Rahmen der Messreihe auch Immissionen durch andere hochfrequente Sendeeinrichtungen wie Rundfunk- oder Fernsehsender sowie DECT-Schnurlostelefone gemessen. Die Auswertungen ergaben, dass auch bei Berücksichtigung dieser zusätzlichen Quellen die Gesamtmissionen nur Bruchteile des Grenzwertes ausschöpfen. An der überwiegenden Zahl der Messpunkte überwiegen die Immissionen durch Mobilfunk. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da die Messpunkte oft mit Bedacht in besonders exponierte Bereich in unmittelbare Nähe von Mobilfunksendeanlagen gelegt wurden und deswegen auch überproportionale Mobilfunkimmissionen zu erwarten waren. Insofern ist dieses Ergebnis nicht repräsentativ für eine flächige bzw. durchschnittliche Immission. Trotzdem fanden sich auch einige Messpunkte, wo trotz unmittelbarer Nähe zu Mobilfunkanlagen die Immission von anderen Quellen überwog. Das betrifft einerseits Immissionen durch DECT (MP 2.1) und andererseits einen Messpunkt in Meiningen (MP 3.3), an dem die Immissionen durch Mittelwellen- und UKW-Rundfunk, DVB-T und DAB insgesamt größer als die Immission durch Mobilfunk waren.

Die im Frühjahr 2006 vom TÜV Nord in Thüringen an 53 in unmittelbarer Nähe von GSM- und UMTS-Mobilfunkanlagen durchgeführten Messungen zeigen grundlegende Eigenschaften der Feldverteilung von Mobilfunkimmissionen auf. Der Abstand zur Mobilfunkanlage ist vor allem im unmittelbaren Nahbereich als Maß für die entstehende Immission nicht geeignet. Sehr viel entscheidender sind der Höhenunterschied (bzw. die Orientierung zur Hauptstrahlrichtung) sowie die Sichtverhältnisse. Sichthindernisse wie z. B. Gebäude, aber auch Bäume dämpfen Mobilfunkfelder ab. Ein Vergleich von GSM- und UMTS-Immissionen im Umfeld kombinierter Anlagen zeigt eine deutliche Dominanz der GSM-Immissionen.

Die Grenzwerte wurden, auch unter Berücksichtigung von anderen hochfrequenten Quellen, weit unterschritten.

Damit reißen sich diese Untersuchungen in eine Vielzahl von anderen Messreihen (z. B. [WUS 04], [BOR 05], [IZMF 05], Messungen der Bundesnetzagentur) ein, die, ähnliche Vorgehensweise vorausgesetzt, zu vergleichbaren Ergebnissen gelangen.

Die detaillierten Ergebnisse vorliegender Messreihe sind in [TÜV 06], [TÜV 06a] und [IZMF 06] dokumentiert.

- [99/519/EG] **1999/519/EG**, *Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz)*, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 199/59, 30.07.1999.
- [BOR 05] **Chr. Bornkessel, M. Wuschek, M. Neikes, A. Schramm, M. Schubert, P. Schmidt**, *Elektromagnetische Felder in NRW: Feldmessungen in der Umgebung von UMTS-Sendeanlagen*, Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Abschlussbericht, Kamp-Lintfort, (2005).
- [BOR 06] **Chr. Bornkessel, M. Schubert und M. Wuschek**, *Bestimmung der realen Feldverteilung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern in der Umgebung von UMTS-Sendeanlagen*, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz, Zwischenbericht *Entwicklung geeigneter Mess- und Berechnungsverfahren*, Kamp-Lintfort, (2006).
- [IZMF 05] **Informationszentrum Mobilfunk e.V.**, *Sicherheit durch Transparenz: TÜV und IZMF stellen Mobilfunk auf den Prüfstand. Mobilfunk-Messreihe Niedersachsen*, Ergebnisbroschüre, Juni 2005.

## Immissionen durch andere HF

## Zusammenfassung

## Literatur

- [IZMF 06] **Informationszentrum Mobilfunk e.V.**, *Sicherheit durch Transparenz: TÜV und IZMF stellen Mobilfunk auf den Prüfstand. Mobilfunk-Messreihe Thüringen*, Ergebnisbroschüre, Mai 2006.
- [RegTP 03] **Reg TP MV 09/EMF/3**, *Messvorschrift für bundesweite EMVU-Messreihen der vorhandenen Umgebungsfeldstärken*, RegTP Bonn, Ausgabe Februar 2003.
- [TÜV 06] **TÜV Nord/EMV-Services**, *Immissionsschutz-Messungen (Mobilfunk) in Thüringen, Messbericht und gutachterliche Stellungnahme*, Nr. 06/6047-1, April 2006, [http://www.izmf.de/download/Studien/Bericht\\_kompl.pdf](http://www.izmf.de/download/Studien/Bericht_kompl.pdf).
- [TÜV 06a] **TÜV Nord/EMV-Services**, *Immissionsschutz-Messungen in Thüringen nach der Messvorschrift der BNetzA, Messbericht und gutachterliche Stellungnahme*, Nr. 06/6047-1a, April 2006, [http://www.izmf.de/download/Studien/Bericht\\_kompl\\_Reg\\_TP.pdf](http://www.izmf.de/download/Studien/Bericht_kompl_Reg_TP.pdf).
- [WUS 04] **M. Wuschek, Chr. Bornkessel**, *EMF-Messprojekt Berlin - Umfangreiche Immissionsuntersuchungen in der Umgebung von GSM- und UMTS-Mobilfunksendeanlagen*, FGF-Newsletter Jg. 12 (2004) Nr. 4, S. 68-74, Dezember 2004, <http://www.fgf.de>