

Projekt "NIS-Monitoring Zentralschweiz": Erfassung der Exposition der Bürger gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern

Matthias Wuschek, Alfred Bürgi, Klaus Woweries und Niklas Joos

Seit Sommer 2006 werden an insgesamt 24 Standorten in sechs Schweizer Kantonen mittels automatischer Messsysteme hochfrequente Immissionen permanent erfasst und auf einer Internetseite dokumentiert. Diese Messungen sind Teil eines umfangreichen Projektes zur Erfassung nichtionisierender Strahlung in der Zentralschweiz. Dessen Konzeption sowie einige typische Resultate werden in diesem Beitrag vorgestellt.

Zielsetzung des Projektes

Hauptziel des Projektes "NIS-Monitoring Zentralschweiz" ist es, die Bevölkerung unabhängig und fundiert über die Thematik der nichtionisierenden Strahlung (NIS) zu informieren. Nichtionisierende Strahlung, insbesondere die Hochfrequenzimmission von Mobilfunkbasisstationen war zum Zeitpunkt des Projektstartes eines der am meisten in der Öffentlichkeit diskutierten Umweltthemen in den beteiligten Kantonen. Das Projekt gliedert sich in folgende drei Teilgebiete:

1. Messen

Das NIS-Monitoring in der Zentralschweiz umfasst eine permanente Messung der elektromagnetischen Strahlung von Mobil- und Rundfunksendeanlagen, eine periodische Übertragung der Messwerte in eine Datenbank sowie eine grafische Darstellung der Resultate im Internet.

Gemessen wird an insgesamt 24 Standorten, verteilt auf die sechs Kantone der Zentralschweiz. An jedem Standort werden während eines Zeitraums von etwa drei Monaten pro Jahr Langzeitmessungen durchgeführt.

Der Fokus der Messungen richtet sich auf die Ermittlung der hochfrequenten elektromagnetischen Strahlung (Mobilfunk, Rundfunk). Niederfrequente Felder von Hochspannungsleitungen oder Umspannwerken werden mit diesen Messungen nicht erfasst.

2. Simulieren

Ergänzt werden die Messungen durch eine Simulation der Belastung durch Hochfrequenzfelder. Damit wird es möglich, flächendeckend und für die gesamte Zentralschweiz Belastungskarten zur Verfügung zu stellen. In der Simulation werden die niederfrequenten Magnetfelder, verursacht durch Hochspannungsleitungen oder Umspannwerke nicht berücksichtigt.

3. Informieren

Auf der Webpage *e-smogmessung.ch* wird die Bevölkerung der Zentralschweiz mit allgemeinen Informationen über NIS-Immissionen und biologische Wirkungen sowie gesetzliche Regelungen bezüglich ihrer Begrenzung informiert. Zusätzlich sind über diese Webpage die aktuellen Messergebnisse der Messsonden sowie die Resultate der Simulationsrechnungen abrufbar.

Das Projekt wird durch die beteiligten Kantone Uri, Schwyz, Obwalden, Nidwalden, Luzern und Zug finanziert. Die Betreuung der Messsonden wurde an die Firmen ENKOM Inventis AG (Zürich) und EM-Institut GmbH (Regensburg), die Erstellung der Simulationsrechnungen an die Firma ARIAS (Bern) vergeben.

Das Messnetz

Das Messnetz ist auf *e-smogmessung.ch* unter dem Stichwort "Einführung Messnetz" detailliert beschrieben. Die Messsonden sind typisch in Wohngebieten oder im Ortskern bzw. an Schulgebäuden, Spitälern, Seniorenheimen (Terrassen, Dächer oder Fassaden) angebracht. Meist befindet sich unweit des Messortes auch eine Funksendeanlage (z.B. Mobilfunkbasisstation). Einen typischen Messstandort zeigt Bild 1. Detaillierte Beschreibungen aller Messorte finden sich auf der Webpage des Projektes.



Bild 1: Messsonde am Messort "Sarnen" (Flachdach eines Seniorenheims). Im Hintergrund ist ein Mobilfunksendemast zu sehen.

Als Messgerät wird der Multiband-Area-Monitor AMB-8057 der Firma Narda STS eingesetzt. Dieser misst die NIS-Belastung getrennt für die vier in Tabelle 1 gezeigten Frequenzbänder.

Frequenzband	Frequenzbereich	Erfasste Immissionen
GSM 900	925 - 960 MHz	Immissionen verursacht nur durch GSM 900-Basisstationen
GSM 1800	1.805 - 1.880 MHz	Immissionen verursacht nur durch GSM 1800-Basisstationen
UMTS	2.110 - 2.170 MHz	Immissionen verursacht nur durch UMTS-Basisstationen
Breitband	0,1 MHz - 3.000 MHz	Immissionen verursacht durch alle wichtigen Funksignalquellen

Tab. 1: Frequenzbänder, die von den Messsonden getrennt erfasst werden.

Die Sonden messen vollautomatisch und übermitteln ihre Messresultate täglich über Mobilfunk an eine Zentrale, in der die Resultate in einer Datenbank gespeichert werden.

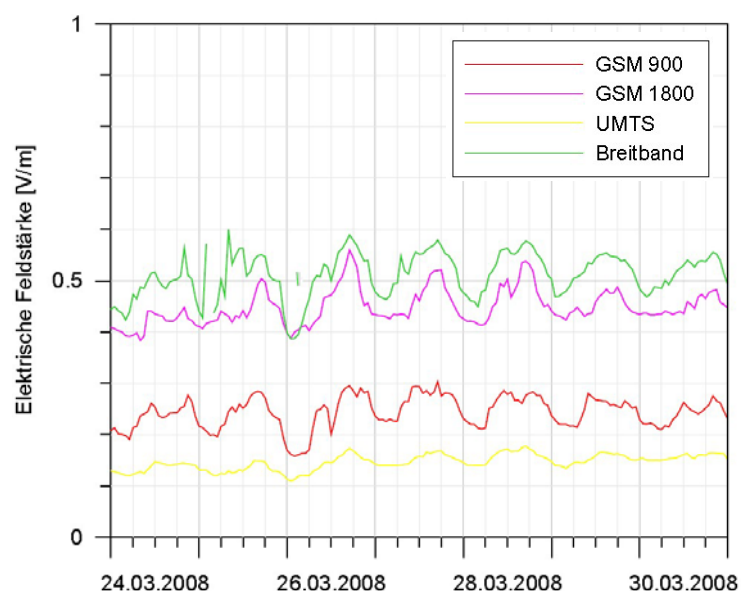
Die Sonden speichern die gemessenen Werte intern im 1-Minuten Rhythmus. Um eine übersichtlichere Ergebnisdarstellung zu erhalten, werden für die Darstellung der vier getrennt untersuchten Bänder im Internet die Messdaten auf 6-Minuten-, Stunden- und Tagesmittelwerte verdichtet. Diese werden für jeden Messort in einer gemeinsamen Grafik als Funktion der Zeit präsentiert.

Es stehen sechs Messsonden zur Verfügung. Diese werden seit Mitte des Jahres 2006 jeweils für ca. drei Monate an einem der 24 vorgesehenen Standorte installiert, so dass nach zwölf Monaten alle Standorte einmal vermessen wurden. Das Projekt ist auf Ende 2009 terminiert.

Die Messsonden besitzen nach Herstellerangabe eine Genauigkeit von etwa 2 dB sowie einen Temperaturgang von 0,1 dB/°C. Der Messbereich beträgt 0,2 bis 200 V/m (Breitband) bzw. 0,03 bis 30 V/m (GSM- und UMTS-Bänder). In der Praxis bewegen sich die gemessenen Felder also meist im unteren Teil des Messbereichs, oft nahe an der Empfindlichkeitsgrenze.

Bild 2 zeigt eine typische Ergebnisdarstellung (Messort "Freienbach-Kantonsschule"). Da die nächste Mobilfunksendeanlage hier mehrere hundert Meter vom Messort entfernt ist, ergeben sich vergleichsweise niedrige Messwerte. Dennoch erkennt man im Zeitverlauf die für Mobilfunksender typische tageszeitabhängige Immissionsschwankung.

Bild 2: Stundenwerte des Messortes "Freienbach-Kantonsschule" für eine ausgewählte Woche (Montag bis Sonntag).

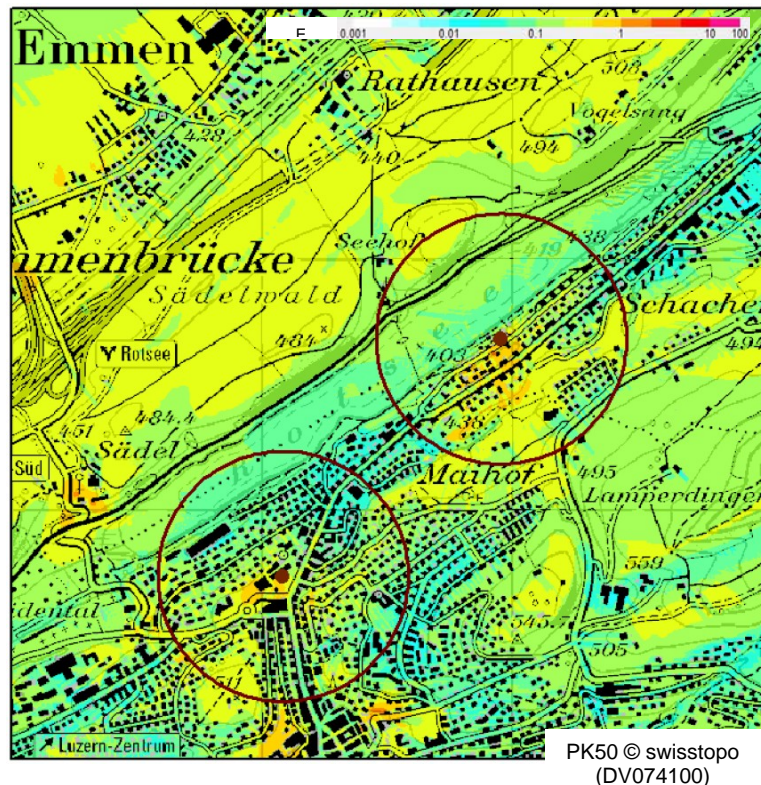


Die Simulationsrechnungen

Die Simulation der hochfrequenten NIS-Belastung ist ebenfalls auf der Internetseite des Projektes detailliert beschrieben. Die Simulation berechnet die aufsummierte HF-NIS-Belastung durch Mobilfunk, Rundfunk (Mittelwellen-, UKW- und DAB-Radio-, TV-Sender) und Funkruf ("Telepage") flächendeckend für das gesamte Gebiet der Zentralschweiz, im Siedlungsgebiet mit einer Auflösung von 5 x 5 m und unter Berücksichtigung von topografischer Höhe und Gebäuden. Abgespeichert und auf den Internet-Karten dargestellt wird nur die HF-Summenfeldstärke aller vorhandenen Quellen. Diese korrespondiert mit dem Breitband-Messwert der NIS-Messsonden. Die Feldstärkewerte werden für Punkte im Freien in einer Höhe von 1,5 Meter über Grund berechnet. Die Simulationen liefern somit keine Werte direkt an den Montageorten der Sonden, da diese (u.a. zur Verhinderung von Beschädigungen) immer in größeren Höhen als in 1,5 Meter über Grund montiert sind.

Bild 3 zeigt ein typisches Beispiel für eine der im Internet abrufbaren NIS-Immissionskarten.

Bild 3: Resultat der Simulation für eine Fläche von 3 km x 3 km. Dargestellt ist die elektrische Summenfeldstärke in V/m in 1,5 Meter Höhe über Grund. Die Punkte markieren die Messsonden-Standorte "Luzern Maihof" (links unten) und "Ebikon" (rechts oben). Um die Messorte sind Kreise mit Radius 500 m eingezeichnet.



Zur Validierung der Simulationsrechnungen wurden in drei Messkampagnen jeweils etwa 150 Punkte im Frequenzbereich 80 MHz bis 3 GHz frequenzselektiv ausgemessen. Zusammengefasst zeigen die drei Messkampagnen, dass bei mehr als die Hälfte der Punkte der Quotient aus berechneter und gemessener Feldstärke zwischen 0,5 und 2 liegt. Bei mehr als 90 % der Messpunkte ergibt sich ein Quotient zwischen 0,25 und 4. Damit ist gezeigt, dass die Simulationen im Mittel Ergebnisse liefern, die im Rahmen der zu erwartenden Schwankungsbreite (Mess- bzw. Berechnungsunsicherheit) ausreichend gut mit den Messergebnissen übereinstimmen.

Der Vergleich mit den Messergebnissen zeigte auch, dass im flachen, offenen Gelände die Simulation genauere Ergebnisse liefert als beispielsweise in sehr engen Tälern. Die größten Abweichungen zwischen Simulation und Messung rührten nicht vom verwendeten Ausbreitungsmodell (COST-Walfisch-Ikegami für Mobilfunk, ITU-1546 für VHF/UHF Rundfunk, Freiraumausbreitung für Mittelwelle unter Berücksichtigung der Topografie und der Gebäude) her, sondern von nicht berücksichtigten Sendeanlagen sowie fehlenden oder falsch modellierten Gebäuden.

Einige wichtige Ergebnisse des Projektes

Mittels der im Rahmen des hier beschriebenen Projektes gewonnenen Messergebnisse sowie der zusätzlich durchgeführten Simulationsrechnungen können Antworten auf einige interessante Fragen zur NIS-Immissionssituation in der Zentralschweiz gegeben werden, wobei davon ausgegangen werden kann, dass die hier gewonnenen Erkenntnisse auch auf Regionen mit vergleichbarem Charakter übertragbar sind.

Welche Immissionswerte ergaben sich im Mittel?

Bildet man den leistungsbezogenen Mittelwert (RMS-Wert) aus allen vorhandenen Messresultaten der 24 Standorte, so ergibt sich das in Tabelle 2 dargestellte Bild.

Frequenzband	Mittlere Feldstärke
GSM-Mobilfunk	0,83 V/m
GSM- und UMTS-Mobilfunk	0,91 V/m
Sonstige Funksignale	0,46 V/m
Total	1,02 V/m

Tab. 2: NIS-Immissionen: Aus den Resultaten aller Messungen berechnete RMS-Feldstärkewerte für die verschiedenen untersuchten Frequenzbänder.

Dominierend war an den Messpunkten also der GSM-Mobilfunk, wobei GSM-900 und GSM-1800 in etwa gleichen Anteil an der Summenfeldstärke besitzen. UMTS-Signale haben hingegen nur einen sehr geringen Anteil an der gesamten Mobilfunkimmission. Die Feldstärke, verursacht durch sonstige Funksignale (z.B. Rundfunk, Telepage) wurde näherungsweise als Differenz aus dem gemessenen Breitbandsignal und der Mobilfunk-Summenimmission errechnet. Betrachtet man die Spannweite über alle 24 Messorte, so lagen die Breitbandsummenwerte zwischen minimal 0,35 und maximal 1,59 V/m.

Die in Tabelle 2 dokumentierten Feldstärkewerte dürfen allerdings nicht als die durchschnittliche Immission der Bevölkerung der Zentralschweiz verstanden werden, da sie aus Messungen an nur 24 Orten gebildet wurden, die sich außerdem im Freien in größerer Höhe über Grund befinden und meist auch noch eine Sendeanlage in nicht allzu weiter Entfernung vorhanden ist. Interessant erscheint an dieser Stelle allerdings ein Vergleich mit den Simula-

tionsrechnungen. Zu diesem Zweck wurden für alle 24 Messorte mittlere Feldstärkewerte aus den Resultaten der Simulationen für einen definierten Umkreis um den Standort errechnet. Sie sind in Tabelle 3 dargestellt.

Umgebung	Errechnete mittlere Feldstärke	Prozentsatz bezüglich des mittleren Messwertes (1,02 V/m)
Nähere Umgebung (r = 20 m)	0,29 V/m	28 %
Weitere Umgebung (r = 500 m)	0,20 V/m	20 %

Tab. 3: Mittlere Feldstärke (Gesamtfeld) der Simulation (gemittelt über verschieden große Umgebungen) aller 24 Messstationen. Vergleich mit dem gemessenen mittleren Totalwert aus Tab. 2.

In der näheren Umgebung der Sondenstandorte ergeben die Simulationen für 1,5 Meter über Grund also etwa um den Faktor 3,5 niedrigere Feldstärkewerte als in größerer Höhe gemessen wurden. Mittelt man über einen größeren Bereich (500 Meter) vergrößert sich der Unterschied zwischen Messung und Berechnung sogar auf den Faktor 5. Die Messwerte der Sonden sind also nicht mit dem Flächenmittelwert der Immission in 1,5 Meter Höhe über Grund vergleichbar sondern überbewerten die mittlere Immissionsituation der näheren Umgebung deutlich.

Wo befinden sich Hot-Spots in der Zentralschweiz?

Der deutlichste Hot-Spot in der Zentralschweiz war die Gegend rund um den Mittelwellensender "Beromünster" (531 kHz). Er dominierte den ganzen Norden des Kantons Luzern. Die Simulationsrechnungen lieferten Feldstärkewerte von über 2 V/m bis zu einer Distanz von etwa ca. 1,5 km zum Sender bzw. über 1 V/m bis ca. 3,5 km. Der Einfluss des Senders ist auch deutlich in den Messresultaten bis zu einer Entfernung von etwa 30 km zu erkennen. Der Mittelwellensender "Beromünster" wurde allerdings Ende des Jahres 2008 abgeschaltet, so dass diese Immissionsquelle inzwischen nicht mehr vorhanden ist.

Bild 4: Stundenwerte des Messortes "Beromünster-Pflegeheim" für eine ausgewählte Woche (Montag bis Sonntag). Legende wie in Bild 2

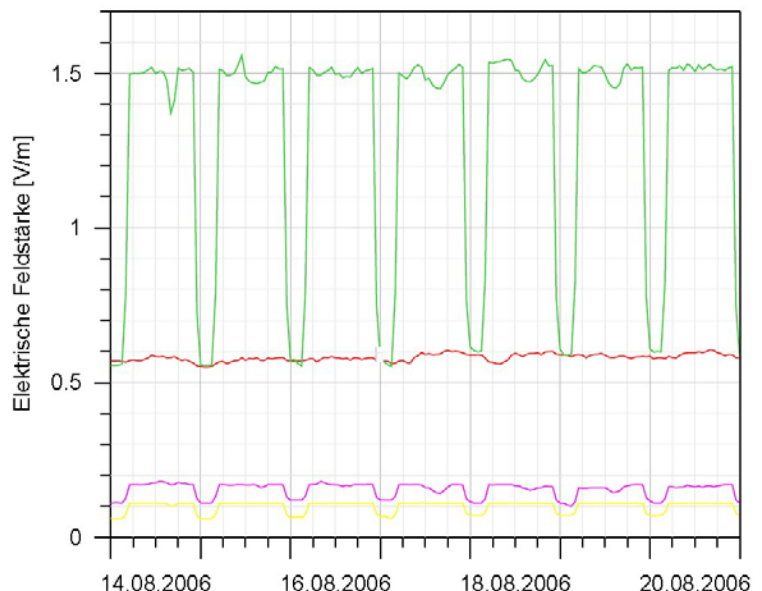


Bild 4 zeigt die Messresultate einer Woche der Station "Beromünster-Pflegeheim". Im Vergleich zum Breitbandmesswert (der im Wesentlichen durch das Mittelwellensignal des Senders "Beromünster" verursacht wird) sind die Mobilfunkimmissionen deutlich geringer ausgeprägt. Man erkennt auch sehr gut den Rückgang der Immission in den Nachtstunden, wenn der Mittelwellensender abgeschaltet wird. Außerdem ist die begrenzte Selektivität der Schmalbandmessungen zu erkennen. Bei den GSM-1800- und den UMTS-Signalen, die hier sehr gering ausgeprägt sind, ist ein "Übersprechen" des starken Mittelwellensignals zu erkennen, da die nächtlichen Einbrüche nicht nur im Breitbandsignal, sondern auch in den schmalbandigen Signalen zu erkennen sind. Dieses Verhalten ist typisch für derartige Messsonden bzw. Personendosimeter und sollte unbedingt insbesondere bei der Bewertung vergleichsweise niedriger Messwerte berücksichtigt werden.

Ein zweiter, etwas weniger auffälliger Hot-Spot findet sich rings um den Rundfunksenderstandort "Rigi-Kulm" (verursacht vor allem durch UKW-Signale). Daneben stellen praktisch alle Mobilfunk- und Rundfunksender mit nach unten gerichteten Antennenkeulen kleine lokale Hot-Spots dar. Diese kleinen Hot-Spots finden sich in Städten und Dörfern oder auch isoliert auf Bergen und Hügeln. Feldstärken größer 1 V/m treten dort typischerweise nur in Distanzen bis einige hundert Meter auf. Oft findet man die stärksten kleinräumigen Hot-Spots sogar bei Mikrozellen mit wenigen Watt effektiver Strahlungsleistung, wenn deren Antennen sehr niedrig montiert sind bzw. relativ ungerichtet abstrahlen.

Gibt es Immissionsunterschiede zwischen Tag / Nacht bzw. Wochentag / Wochenende?

Die stärksten Immissionsunterschiede zwischen Tag und Nacht fanden sich in der Umgebung des Mittelwellensenders "Beromünster", da dieser nachts für einige Stunden abgeschaltet wird. Daneben zeigen auch die GSM-Immissionen einen messbaren Tagesgang, mit einem Minimum in der Nacht und einem Maximum tagsüber bzw. gegen Abend. Betrachtet man die Stundenmittelwerte der elektrischen Feldstärke, ist dieser Tagesgang kleiner als $\pm 20\%$, in den meisten Fällen sogar kleiner als $\pm 10\%$. Bei UMTS sind die Tagesgänge geringer ausgeprägt, die Variationen der Stundenmittel sind kleiner als $\pm 10\%$, meist sogar nur $\pm 5\%$ um das Tagesmittel. Vermutlich wurde über UMTS noch nicht so viel Verkehr abgeführt, wie es bei GSM der Fall ist. Daneben können aber alle Mobilfunksignale kurzzeitige Maxima aufweisen, die deutlich über die Stundenmittel hinausgehen.

Unterschiede zwischen Wochentagen und Wochenenden sind an einigen Messorten zwar erkennbar, jedoch sehr klein. In vielen Fällen sind die Immissionen am Wochenende etwas geringer als unter der Woche, allerdings nur um wenige Prozent.

Gibt es tendenziell eine Zunahme der Immission mit der Zeit?

Derartige Veränderungen konnten bisher nicht beobachtet werden. Bezüglich geringfügiger Änderungen der Immissionssituation (Veränderung weniger als etwa ± 2 dB) muss festgestellt werden, dass man aufgrund der vorhandenen Messunsicherheit nicht in der Lage ist, diese in statistisch signifikanter Weise zu identifizieren. Deutlich ausgeprägte Immissionsveränderungen konnten allerdings beobachtet werden: Beispielsweise verursachte die Abschaltung einer

Mobilfunkbasisstation des Betreibers *Tele 2* im Dezember 2008 einen Rückgang der GSM-Immission am Messpunkt "Rotkreuz" um etwa 3 dB.

Mittels der Simulationsrechnungen ist es zuverlässiger möglich, langfristige Änderungen der Immissionen zu bestimmen. Eine aktualisierte Simulation der Immission für das betrachtete Gebiet liegt seit Anfang 2009 vor. Sobald der Vergleich mit den früheren Berechnungen (von Anfang 2008) fertiggestellt ist, können belastbare Aussagen über mögliche Immissionsveränderungen getroffen werden.

Zusammenfassung: Vergleich Messung - Berechnung

Mittels des hier vorgestellten NIS-Monitoring Projektes wurden den Bürgern der Zentralschweiz eine Vielzahl von Informationen über NIS-Belastungen im Allgemeinen sowie über die reale Situation in den Kantonen der Zentralschweiz zur Verfügung gestellt. Die Mess- und Berechnungsergebnisse wurden inzwischen in vielfältiger Weise ausgewertet [1], so dass einige grundsätzliche Aussagen zu ihren Stärken und Schwächen möglich sind:

Stärken der Messung

- Die Messung ermöglicht die detaillierte Erfassung der real vorhandenen NIS-Belastung an einer Vielzahl von repräsentativen Standorten.
- Die Messung zeigt die tatsächlichen Variationen der Immissionen am Messort. Anders als die Simulation zeigt sie nicht nur (auslastungsabhängige) Änderungen in den Emissionen, sondern auch solche in den Übertragungsbedingungen an. Auch wenn dies vielfach die Interpretation der Messergebnisse schwieriger macht, dokumentiert die Messung real auftretende Wellenausbreitungseffekte.
- Die Messdaten lassen sich nach vielen Kriterien auswerten, etwa nach Mittelwerten, Schwankungsbreiten, nach Frequenzbändern, Tagesgängen, Wochengängen und anderem mehr.
- Erfahrungsgemäß ist eine reale Messung für das Zielpublikum immer glaubwürdiger als eine Modellrechnung.

Schwächen der Messung

- Zu Beginn des Projektes wurden die Sondenhalterungen nach Beendigung der Messperiode jeweils abgebaut. Dies führte jedoch dazu, dass sich relativ große Positionierungsungenauigkeiten beim Wiederaufbau in der zweiten Messperiode ergaben, was sich deutlich auf die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse niederschlug (aufgrund der vorhandenen Feldinhomogenitäten). Daher wurden nachträglich für alle 24 Messorte dauerhaft montierte Sondenhalterungen installiert, so dass die Positionierungsunsicherheit minimiert ist. Dennoch verbleibt eine nicht unerhebliche Messunsicherheit, so dass in der Praxis mit den Ergebnissen der Messungen nur stärker ausgeprägte Immissionsveränderungen in der Größenordnung von nicht weniger als 2 bis 3 dB nachgewiesen werden können.

- Es hat sich gezeigt, dass bei länger dauernden Außeneinsätzen wegen der vielfältigen Witterungseinflüsse (insbesondere Feuchtigkeit) eine regelmäßige Funktionskontrolle der Sonden, möglichst in einem definierten Feld, unabdingbar ist. Nur so können auftretende Mängel rechtzeitig erkannt und behoben werden.
- Die Sonden wurden zum Teil durch Breitbandstörer beeinträchtigt, z.B. durch eine Solaranlage auf dem Dach oder durch eine Weihnachtsbeleuchtung.
- Bei starken Signalen ist ein "Übersprechen" in andere Messbänder zu beobachten (z.B. Einfluss des Mittelwellensignals vom Sender "Beromünster" auf die Messergebnisse bei GSM und UMTS).
- Aufgrund der physikalischen Ausdehnung der Sonde werden die verschiedenen Frequenzbänder nicht genau am selben Ort gemessen, dadurch kann es vorkommen, dass der Messwert in einem schmalen Band größer ausfällt als das Breitbandsignal.

Stärken der Simulationsrechnungen

- Die Simulationsrechnungen liefern die Größenordnung der NIS-Belastung flächendeckend für die gesamte Zentralschweiz.
- Die Resultate der Simulation sind einfach zu vermitteln durch die farbliche Darstellung in einer Landkarte.
- Die Simulation erlaubt das Erkennen von Hot-Spots.
- Durch periodische Updates der Standortdatenbank und der Simulationen können Veränderungen erkannt und quantifiziert werden.
- Mit der inzwischen vorhandenen Standortdatenbank sind auch zusätzliche Berechnungen und Auswertungen möglich.

Schwächen der Simulationsrechnungen

- Das Resultat der Simulation wird nur für das Gesamtfeld (Breitband) abgespeichert, die vorher berechneten Informationen über die Einzelbänder gehen dabei verloren.
- Das Resultat der Simulation gilt nur in Bodennähe (1,5 Meter über Grund) und nur außerhalb von Gebäuden. Besonders relevant für eine umfassende Immissionsbewertung sind jedoch Feldstärken an den Orten, an denen sich Menschen sehr lange aufhalten, z.B. in der Wohnung, also gerade in Gebäuden und auch oberhalb von 1,5 Meter.
- Berechnungen innerhalb von Gebäuden sind entweder sehr aufwändig oder weniger genau, zusätzlich wird die Ergebnisdarstellung problematischer (z.B. Probleme mit der Bedienung einer entsprechenden Benutzeroberfläche für eine interaktive Karte).
- Falsche bzw. unvollständige Daten der vorhandenen Sendeanlagen führen zu Fehlern in der Simulation. Die erfassten Gebäudedaten sind ebenfalls niemals überall hundertprozentig aktuell, vollständig und präzise. Zum Teil werden die Gebäudehöhen nur nach der Anzahl Stockwerke abgeschätzt und für etliche Gemeinden sind die Gebäudeumrisse noch gar nicht digital erfasst.

Das Interesse am Projekt seitens der Bevölkerung ist vorhanden. Durchschnittlich werden etwa 200 Hits pro Tag auf die Internetseite *e-smogmessung.ch* registriert. Wird in den Medien auf das Projekt hingewiesen, führt dies jeweils kurzfristig auch zu noch drastisch höheren Zugriffszahlen.

Rückmeldungen bei den projektverantwortlichen Behörden zeigen, dass neben der Bevölkerung insbesondere auch Gemeinden an den Erkenntnissen des Projekts interessiert sind.

Die öffentliche Diskussion zum Thema NIS hat allerdings in den letzten Jahren in der Zentralschweiz etwas an Intensität abgenommen. Inwiefern das Projekt "NIS-Monitoring Zentralschweiz" einen Beitrag dazu geleistet hat, ist schwer abzuschätzen. Dass grundsätzlich noch immer Unbehagen bezüglich Elektrosmog in der Bevölkerung vorhanden ist, zeigt sich nach wie vor häufig bei konkreten Bauvorhaben für neue Sendeanlagen.

Ausblick

Anhand der im Rahmen des hier vorgestellten Projektes gewonnenen Erfahrungen, der Resultate der vorliegenden Auswertung und den oben aufgelisteten Stärken und Schwächen sollen abschließend eine Reihe von Punkten aufgeführt werden, die für in der Zukunft geplante ähnliche Projekte von Bedeutung sein können.

- Bereits kleine Veränderungen der Position der Messsonde können einen signifikanten Einfluss auf die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse ausüben. Auf diese Problematik wurde bereits in einem Vorläuferprojekt zum "NIS-Monitoring Zentralschweiz" hingewiesen [2]. Eine verlässliche Positionierung der Sonde ist also unbedingt sicherzustellen.
- Aufgrund der vergleichsweise großen Messunsicherheit der Sonden bzw. der beschränkten Reproduzierbarkeit bei Wiederaufbau der Sondenhalterung in einer nachfolgenden Messperiode, sowie Alterungseffekte bei der Sondenelektronik, können mit den Ergebnissen der Messungen nur entsprechend stark ausgeprägte Immissionsveränderungen nachgewiesen werden. Es ist auf jeden Fall zu empfehlen, dauerhaft installierte Sonden oder Sondenhalterungen zu verwenden. Die Sondenelektronik sollte vom Hersteller bezüglich ihres Witterungs- und Langzeitverhaltens noch verbessert werden.
- Störende Umgebungseinflüsse (elektrische Geräte, Motorsteuerungen, Jalousien etc.) sollten im Rahmen einer Voruntersuchung an den einzelnen Messpunkten identifiziert und wenn möglich vermieden werden.
- Die Simulationen sollten möglichst in regelmäßigen Intervallen aktualisiert werden. Mögliche Veränderungen der Immissionssituation können dann aus dem Vergleich der Simulationsergebnisse bestimmt werden, sobald eine erste Aktualisierung ausgewertet ist.
- Die Koordinaten der Messstationen sollten möglichst präzise erfasst werden, damit zur Validierung auch für diese Orte Immissionsberechnungen durchgeführt werden können.
- Die Resultate der Simulation sollten nicht nur als Summenfeldstärke, sondern - wie bei der Messung - zusätzlich für die einzelnen Mobilfunkbänder getrennt dargestellt werden.
- Um einen besseren Eindruck über die wirkliche mittlere Immission der Bevölkerung zu erhalten, sollte angestrebt werden, mittels der Simulationen eine bevölkerungsgewichtete NIS-Exposition für ausgewählte Gebiete zu errechnen.

Literatur

- [1] **A. Bürgi**, NIS-Monitoring Zentralschweiz: Auswertungen 2006 - 2008, Bericht Nr. RP/2008/NISMon/134.1 (Stand 01.12.2008), Bern (2008).
- [2] **M. Wuschek**, Langzeiterfassung hochfrequenter Immissionen von Funksendeanlagen im Kanton Schwyz - Bericht über die Inbetriebnahme eines automatischen Messsystems und die Durchführung erster Erprobungsmessungen an drei Messorten, Projektbericht Inventis AG / EM-Institut GmbH, Zürich / Regensburg 19.12.2003, (2003).

Autorendaten:

Prof. Dr. Matthias Wuschek, Hochschule Deggendorf, Edlmairstr. 6+8, 94469 Deggendorf, matthias.wuschek@fh-deggendorf.de

Dr. Alfred Bürgi, ARIAS umwelt.forschung.beratung, Langmauerweg 12, CH-3011 Bern, alfred.buergi@arias.ch

Klaus Woweries, RF-IT-Consult GmbH, Kirchweg 36b, CH-5415 Nussbaumen, k.woweries@rf-it-consult.ch

Niklas Joos-Widmer, Amt für Umweltschutz Uri, Klausenstrasse 4, CH-6460 Altdorf, niklas.joos@ur.ch