

Forschungstiftung Mobilkommunikation Projekt 21

Zusammenhang zwischen EMF Exposition von Basisstationen und ausgewählten Leistungs-Indikatoren von Milchkühen innerhalb eines Pilotgebiets

Schlussbericht / Zweite Projektetappe

Antragsteller: PD Dr. K. Stärk Spallek
Durchführung: Dr. P. Baumann
Institution: Bundesamt für Veterinärwesen
Laufzeit: Dezember 2005 – September 2006
Kontakt: katharina.staerk@bvet.admin.ch
ab 1.1.07: kstaerk@rvc.ac.uk

Zusammenfassung

Mit dem verbreiteten und zunehmenden Einsatz von Sendeanlagen für Mobilfunk, Rundfunk und weitere Funkdienste hat sich die elektromagnetische Umwelt wesentlich verändert. Da solche Sendeanlagen häufig an landwirtschaftlich genutzten Standorten errichtet werden, stellt sich für die betroffenen Landwirte die Frage, ob die dabei entstehenden hochfrequenten elektromagnetischen Felder die Gesundheit und Leistung von in räumlicher Nähe gehaltenen landwirtschaftlichen Nutztieren beeinflussen. Eine im Jahr 2002 vom BVET durchgeführte Umfrage ergab eine zunehmende Sensibilisierung der Tierhalter. Ziel dieser Machbarkeitsstudie war es, im Hinblick auf eine umfangreichere Studie zu untersuchen, wie mit vertretbarem Aufwand die Exposition auf Milchviehbetrieben zuverlässig beurteilt werden kann.

Dazu wurde zuerst die Immissionsverteilung mithilfe einer Simulations-Software für eine Anzahl von ausgewählten Betrieben berechnet. Basierend darauf folgten auf 13 Milchviehbetrieben im Kanton Baselland Spotmessungen in den Bereichen Weide, Laufhof und Stall und parallel dazu eine 24-h-Messung pro Hof. Gemessen wurde frequenzspezifisch mit zwei Geräten des Typs SRM-3000 mit bandspezifischen Messbandbreiten. Für die Beurteilung der Exposition wurde der zeitlich gewichtete Durchschnitt für Stall, Laufhof und Weide und daraus die Tagesbelastung für Sommer- und Winterbedingungen sowie die Jahresbelastung berechnet. Dabei wurden nur Messwerte

berücksichtigt, die mindestens 3 dB über dem Rauschpegel lagen. Zusätzlich wurden die Betriebe entsprechend ihrer Exposition kategorisiert. Weitere Analysen betrafen die Tagesschwankung und die Übereinstimmung der berechneten und gemessenen Werte sowie der berechneten Tagesbelastung aus Spot- oder 24-h-Messung.

Für Wintertage ohne Auslauf wurde eine Tagesbelastung zwischen 0.0324 und 0.1396 V/m gemessen. Wurde zusätzlich Auslauf in einem Laufhof angeboten, reichte die Feldstärke von 0.0033 bis 0.2028 V/m. Unter Sommerbedingungen mit Weideauslauf wurden Expositionen von 0.0258 bis 0.3060 V/m gemessen. Die gewichtete Jahresbelastung reichte von 0.0196 bis 0.2610 V/m. Eine Kategorisierung der Betriebe war möglich, erfordert aber generell eine grössere Stichprobe, da bei der Einteilung in exponierte und nicht exponierte Betriebe ein grosser Anteil nicht zuweisbar war. Die Tagesschwankung der Mobilfunkdienste lag im Bereich des Messfehlers. Abweichungen zwischen berechneten und gemessenen Messwerten waren v.a. auf Abschattung durch Hügel und Bäume sowie ungenaue Höhenangaben nahe bei Sendeanlagen zurückzuführen. Die Berechnung der Tagesbelastung mit/ohne Einbezug der 24-h-Messung zeigte eine gute Übereinstimmung zwischen den beiden Methoden.

Insgesamt zeigte sich, dass die rechnerische Simulation der Immissionsverteilung eine gute erste Beurteilung der Situation vor Ort liefert. Speziell in hügeligem und baumreichem Gelände, bei Weiden nahe Basisstationen mit GSM 1800 und bei siedlungsnahen Höfen mit mehreren Sendeanlagen in der Umgebung sind Kontrollmessungen aber empfehlenswert. Spotmessungen sind dann ausreichend, wenn von wenig Variationen in den Immissionen (wenig Mobilfunkverkehr oder dominierende, konstante Rundfunksignale) ausgegangen werden kann. Die gewichtete Tagesbelastung zeigt keine Abhängigkeit von der Distanz zur nächsten Sendeanlage. Insofern kann dieses Kriterium in weiteren Studien nicht für die Auswahl von exponierten/nicht-exponierten Betrieben verwendet werden.

Einleitung

Mit dem verbreiteten und zunehmenden Einsatz elektrischer Anlagen hat sich die elektromagnetische Umwelt wesentlich verändert. Im Vergleich zu den natürlich vorkommenden elektrischen und magnetischen Feldern hat die Stärke der vom Mensch erzeugten Felder innerhalb weniger Jahrzehnte drastisch zugenommen, und es werden immer neue Frequenzen nutzbar gemacht. So ist in den vergangenen Jahren auch die Bedeutung der Mobiltelekommunikation immer grösser geworden. Die steigende Anzahl von Mobiltelefonnutzern und Netzbetreibern sowie der Anspruch auf eine flächendeckende, störungsfreie Kommunikation, haben zu einer laufenden Erhöhung der Zahl der Mobilfunksendeanlagen geführt.

Da Sendeanlagen für Mobil- und Rundfunk häufig an landwirtschaftlich genutzten Standorten errichtet werden, stellt sich für die Betroffenen die Frage, ob die ausgestrahlten HFEMF die Gesundheit und Leistung von in räumlicher Nähe gehaltenen landwirtschaftlichen Nutztieren

beeinflussen. Eine im Jahr 2002 vom BVET durchgeführte Umfrage zur Wahrnehmung des Einflusses von Mobilfunkbasisstationen auf die Tiergesundheit bei Tierärzten und landwirtschaftlichen Beratern ergab eine parallel zum Antennenbau zunehmende Sensibilisierung der Tierhalter. Fünfzig Prozent der in der Umfrage angegebenen Beschwerden betrafen Milchkühe, genannt wurden vor allem Fruchtbarkeitsprobleme, Euterentzündungen und Aborte, welche gemäss Selbstdeklaration der Landwirte in 64% der Fälle angeblich mit dem Erstellen einer Sendeanlage begonnen oder zugenommen hatten.

Wissenschaftliche Untersuchungen zu den athermischen Effekten von elektromagnetischen Feldern und deren Einfluss auf landwirtschaftliche Nutztiere konzentrieren sich bislang vor allem auf niederfrequente Felder (NFEMF) im Bereich 50-60 Hz, wie sie z.B. unter Hochspannungsleitungen gefunden werden (Burchard et al 1996, 2003; Burchard 1998; Rodriguez et al 2002; Algers & Hennichs 1985, 1987). Zu den Effekten hochfrequenter elektromagnetischer Felder im Radiofrequenzbereich auf Milchkühe liegt bislang eine Interventionsstudie vor (Stärk et al. 1997). Untersucht wurde der Einfluss eines Kurzwellensenders (3x150 kW mit elektrischen Feldstärken im Frequenzbereich von 3-30 MHz) auf die Melatoninkonzentration. Nach Abschalten der Sendeanlage konnte eine signifikante akute Erholung der Melatoninkonzentration beobachtet werden, wobei eine chronische Suppression allerdings nicht nachweisbar war. Zu den Effekten hochfrequenter Felder im Mobilfunkfrequenzbereich auf Milchkühe liegen bisher nur zwei Publikationen vor (Literaturrecherche BVET, 2002). Löscher und Käs beschreiben 1998 anekdotisch das Auftreten von bisher unbekanntem Verhaltensstörungen, gehäuftes Verwerfen, Fruchtbarkeitsprobleme und Milchleistungsabfall in einem Milchviehbestand, welcher der Strahlung mehrerer Sendeanlagen ausgesetzt war. In den Jahren 1998 bis 2000 wurde im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (BStMLU) eine grossangelegte Feldstudie von zwei veterinärmedizinischen Arbeitsgruppen durchgeführt. Dabei wurden auf exponierten Höfen mehrere physiologische, immunologische sowie Verhaltensänderungen gefunden, die aufgrund verschiedener methodischer Fehler aber keine gesicherte Interpretation zulassen. Somit konnte kein eindeutiger kausaler Zusammenhang zwischen HFEMF und den beschriebenen Veränderungen hergestellt werden.

Aufgrund der spärlichen Datenlage und der oft kontroversen und nicht reproduzierbaren Resultate der bislang vorliegenden Studien im Hochfrequenzbereich bleiben die möglichen Einflüsse von HFEMF auf die Leistung und Gesundheit von landwirtschaftlichen Nutztieren unklar. Da in experimentellen Studien wiederholt ein Einfluss von NFEMF auf Milchleistung, Milchinhaltstoffe sowie den Zyklus gefunden wurde, erscheint es sinnvoll, für eine HFEMF Exposition den Einfluss auf dieselben Parameter zu untersuchen, zumal zu den ausgewählten Indikatoren bereits umfangreiche Datensätze vorliegen. Während die Verfügbarkeit der Milchleistungsdaten für Herdbuchbetriebe als gewährleistet bezeichnet werden kann, blieb abzuklären, wie die Expositionsbestimmung auf Milchviehbetrieben mit unterschiedlichen Aufenthaltsbereichen für Sommer (mit Weide) und Winter (mit Laufhof) am besten zu handhaben ist. Bei ersten Testmessungen, die letzten Sommer durchgeführt wurden, wurde bemängelt, dass Tagesverlauf und Weiden nicht miteinbezogen wurden.

Ziel dieser Machbarkeitsstudie war es daher, diese beiden Punkte miteinzubeziehen und verschiedene Methoden zur Expositionsbeurteilung auf Milchviehbetrieben zu vergleichen, um herauszufinden, wie mit praktikablem Aufwand korrekte Messdaten zu erhalten sind. Zu diesem Zweck wurden folgende Methoden eingesetzt:

- Berechnung und grafische Darstellung der Immissionsverteilung mit Simulations-Software.
- Evaluierung des Tagesverlaufs anhand einer 24-h-Messung pro Hof.
- Parallel dazu Spotmessungen in den Bereichen Stall, Laufhof, Weide.
- Berechnung der Tagesbelastung für Sommer- und Winterauslauf sowie der Jahresbelastung.
- Versuch der Kategorisierung in exponierte und nicht-exponierte Betriebe.
- Beurteilung der Tagesschwankung.
- Vergleich der Werte aus Spotmessung und Simulation.
- Vergleich der Tagesbelastungs-Berechnung mit/ohne Einbezug der 24-h-Messung

Mittels Simulations-Software wurde für jeden Hof die Immissionsverteilung berechnet. Anhand dieser Berechnungen wurden für die Weiden die exponiertesten Bereiche bestimmt und gemessen. Je nach Situation vor Ort wurde auch an zusätzlichen Stellen gemessen. Weitere Spotmessungen wurden im Laufhof und im Stall durchgeführt. Mit einem zweiten Messgerät wurde gleichzeitig der Tagesverlauf über 24 Stunden gemessen und damit der Verlauf für die verschiedenen Messorte extrapoliert. Aufgrund dieser errechneten Tagesverläufe wurde die Tagesbelastung für Stall, Laufhof und Weide ermittelt sowie die Jahresbelastung. Dabei wurden die haltungsbedingten, jahreszeitlich unterschiedlichen Aufenthaltszeiten in den drei Bereichen berücksichtigt. Zum Vergleich wurde die Tagesbelastung ohne Einbezug der 24-h-Messung berechnet. Es wurde versucht, die Betriebe entsprechend ihrer Exposition zu kategorisieren. Zusätzlich wurde untersucht, wie gut die gemessenen Werte mit der Berechnung anhand des Simulationstools übereinstimmten. Des Weiteren wurde analysiert, ob die Tagesschwankungen im ländlichen Gebiet klein genug sind, um im Rahmen einer allfälligen grösseren Studie auf eine 24-h-Messung verzichten zu können. Dies würde es ermöglichen, die Methode zur Untersuchung des Einfluss der EMF-Immission auf Gesundheit und Milchleistung der Milchkühe auf eine grössere Stichprobe anzuwenden.

Material und Methoden

Gemessen wurde vom April bis Juni 2006 im Kanton Baselland. Aus einer Stichprobe von 26 Herdbuchbetrieben, auf denen bereits im Sommer 2005 erste Testmessungen und Befragungen gemacht worden waren, wurden 13 Betriebe ausgewählt. Sechs Betriebe lagen in der gleichen Ortschaft und verteilen sich um dieselbe Basisstation. Die restlichen sieben Betriebe waren auf verschiedene Ortschaften verteilt. Ein wichtiges Auswahlkriterium war, dass das Messgerät für die 24-h-Messung möglichst diebstahlsicher aufgestellt werden konnte. Aufgrund dieses Kriteriums wurden

siedlungserne Betriebe tendenziell bevorzugt. Weitere Kriterien waren Schutz vor Regen und Tieren, Abstand der Messsonde zu Mauer, Dach etc. grösser als 50 Zentimeter und dass das Gerät nicht im Weg stand. Auf dem Betrieb wurde zuerst die 24-h-Messung installiert und gestartet und danach die Spotmessungen für Stall, Laufhof und Weide durchgeführt. Pro Woche wurden zwei Höfe gemessen. Beim ersten Hof einer Woche erfolgten Installation der 24-h-Messung und Spotmessung vormittags. Am Tag darauf wurde nach Deinstallation der 24-h-Messung und Umzug zum zweiten Hof mittags oder nachmittags installiert und gemessen. Zur Codierung werden die 13 Höfe hier mit zweistelligen Buchstabencodes bezeichnet. Für jeden Betrieb wurde ein Porträt mit den wichtigsten Hof- und Messdaten, Messwerten und Situationsplänen erstellt (Beispiel s. Anhang).

Messgerät

Sämtliche Messungen wurden mit zwei frequenzselektiven Hochfrequenz-Messgeräten des Typs SRM-3000 (Narda Safety Test Solutions, Hauppauge, USA) durchgeführt. Details zu den Diensttabellen, Messmethoden und Messsonden sind in Anhang 1 bis 3 ersichtlich. Der Frequenzbereich reichte von 75 MHz bis 3 GHz (Tab. 1) und wurde mit bandspezifischen Messbandbreiten gemessen. Die Kalibrierung beider Messgeräte erfolgte durch Emitec AG, Rotkreuz, Schweiz. Der kalibrations-, geräte- und methodenbedingte Messfehler pro Einzelmessungen wird auf 45 Prozent geschätzt (<http://www.elektrosmog-schweiz.ch/vollzug/mobilfunk>).

Gemessen wurde mittels Narda-Software SRM-TS. In dieser Software muss für jede Messbandbreite eine eigene Datei angelegt werden, die - bei der Spotmessung - manuell nacheinander gestartet werden. Die 37 gemessenen Dienste und Frequenzbereiche wurden entsprechend ihrer optimalen Messbandbreite auf diese sieben Dateien verteilt. Um das Aktivieren dieser Dateien sowie die Datenspeicherung bei der 24-h-Messung über die ganze Zeit zu automatisieren, wurde das SRM-TS bei dieser Messart über ein speziell angefertigtes LabView-Programm angesteuert, wobei die Einstellungen dieselben blieben wie bei der Spotmessung (s. Messprotokoll im Anhang). Dabei wurden die Daten nach jeweils 500 Durchgängen (1 Durchgang = 1 Messung aller Dienste aller 7 Messbandbreiten) auf der Festplatte gespeichert. Für die Auswertung konnten diese Messpakete als Textdatei geöffnet und weiter bearbeitet werden.

Tab. 1: Gemessene Dienste und Frequenzen.

Dienst	Frequenz MHz	Messbandbreite	Kategorie	Nachweisgrenze V/m
ZF1	75 – 87	1 MHz	Übrige	0.0480
UKW	87.5 – 108	100 kHz	Rundfunk	0.0559
ZF2	108.5	1 MHz	Übrige	0.0614
TP Swiss I+II	147 – 148	100 kHz	Rundfunk	0.0085
ZF3	148.5	1 MHz	Übrige	0.0448
Ermes	169 – 170	200 kHz	Mobilfunk	0.0074
ZF4	170.5	1 MHz	Übrige	0.0269
VHF III	174 – 223	300 kHz	Rundfunk	0.0529
DAB Kanal 12	223 – 230	2 MHz	Rundfunk	0.0219
ZF5	230.5 – 389.5	1 MHz	Übrige	0.0718
Polycom	390 – 393	200 kHz	Mobilfunk	0.0085
ZF6	393.5 – 431.5	1 MHz	Übrige	0.0300
ISM 400	432 – 437	1 MHz	Übrige	0.0107
ZF7	437.5 – 469.5	1 MHz	Übrige	0.0275
UHF IV	470 – 582	300 kHz	Rundfunk	0.0476
UHF V	582 - 862	300 kHz	Rundfunk	0.0661
ISM 800	862 - 870	1 MHz	Übrige	0.0097
ZF8	870.5 – 879.5	1 MHz	Übrige	0.0097
GSM 900 UL	880 – 915	200 kHz	Mobilfunk	0.0197
ZF9	915.5 – 920.5	1 MHz	Übrige	0.0075
GSM-R	921 – 925	200 kHz	Mobilfunk	0.0073
GSM 900 DL	925.1 – 659.9	200 kHz	Mobilfunk	0.0202
ZF10	960.4 – 1239.5	1 MHz	Übrige	0.0576
Radar	1240 – 1400	1 MHz	Übrige	0.0471
ZF11	1400.5 – 1709.5	1 MHz	Übrige	0.0676
GSM 1800 UL	1710 – 1785	200 kHz	Mobilfunk	0.0324
ZF12	1785.5 – 1804.5	1 MHz	Übrige	0.0190
GSM 1800 DL	1805.1 – 1854.9	200 kHz	Mobilfunk	0.0289
ZF13	1855.4 – 1879.5	1 MHz	Übrige	0.0208
DECT	1880 – 1900	30 kHz	Mobilfunk	0.0190
ZF14	1900.5 – 1919.5	1 MHz	Übrige	0.0190
UMTS UL	1920 – 1980	5 MHz	Mobilfunk	0.0369
ZF15	1980.5 – 2109.5	1 MHz	Übrige	0.0577
UMTS DL	2110 – 2170	5 MHz	Mobilfunk	0.0419
ZF16	2170.5 – 2399.5	1 MHz	Übrige	0.0941
WLAN	2400 - 2500	5 MHz	Mobilfunk	0.0713
ZF17	2500.5 - 3000	1 MHz	Übrige	0.1968

24-h-Messung

Die Messsonde für die 24-h-Messung wurde mittels Saugnapf auf der Fensteraussenseite eines Betriebs- oder Stallgebäudes installiert, möglichst in direkter Sichtverbindung zur Sendeanlage. Zu diesem Zweck wurde auf der frisch geputzten Glasscheibe ein Fenstersaugnapf (Ø 11.7 cm) angebracht und an dessen Handgriff ein Holzstab (Länge 50 cm) angeschraubt. Die Messsonde wurde am Ende des Stabs mit Klebeband befestigt, so dass sie mindestens 50 cm von der Mauer und etwaigen Vordächern entfernt war. Messgerät und Laptop wurden im Raum hinter dem Fenster installiert. Das Hochfrequenz-Verbindungskabel zum Messgerät wurde durch das Fenster geführt, das

zu diesem Zweck während der ganzen Messung einen Spalt offen blieb und mit Schnur fixiert wurde. Zum Schutz des Kabels vor Schäden und Nässe wurden empfindliche Stellen gepolstert und mit Plastikfolie und Klebeband abgedichtet.

Spotmessungen

In einem ersten Schritt wurde anhand der Antennendaten (BAKOM) für jeden Betrieb ein Situationsplan mit der Lage der Sendeanlagen und den jeweiligen Senderichtungen erstellt. Danach wurde mittels Simulationsprogramm (run-time Version NIS-View, Swisscom Innovations) die zu erwartende Immissionsverteilung berechnet und grafisch dargestellt. Anhand dieser Grafiken wurden für jeden Betrieb die Weidebereiche mit der höchsten Immission bestimmt. Der genaue Messort wurde vor Ort so gewählt, dass möglichst Sichtkontakt zur Sendeanlage bestand. Die Koordinaten sowie die Höhe wurden per GPS ermittelt (Geko™ 201, GARMIN International Inc., Olathe, USA). Bei jedem Messort wurden - auf einer Höhe von 1.5 m und im Abstand von je zwei Metern in Linie zu der Sendeanlage - drei Messungen durchgeführt. Weitere Spotmessungen mit jeweils drei Messpunkten wurden im Laufhof gemacht. Im Stall wurde wegen der starken Dämpfung durch Mauern einmal entweder nahe beim Eingang oder bei den Fenstern gemessen.

Auswertungen

Berechnung der Tagesbelastung

Für die Auswertung der Messungen wurden nur Messwerte berücksichtigt, die mindestens 3 dB über dem separat gemessenen Rauschpegel lagen. Dazu wurden zu Beginn der Feldmessungen alle Dienste einmalig ohne Messsonde gemessen, d.h. die Sonde wurde vom Messgerät entfernt. Dadurch wurde die Hochfrequenzverbindung unterbrochen, die Verbindung mittels Steuerkabel aber beibehalten, um eine korrekte isotrope Messung des Rauschens zu gewährleisten.

Zur Bestimmung der Tagesbelastung aus Stall, Laufhof und Weide wurde der auf dem Betrieb gemessene Tagesverlauf auf die Orte der Spotmessungen extrapoliert. Dazu wurde angenommen, dass der Tagesverlauf an alle Messorten derselbe sei. In einem ersten Schritt wurden für jeden Messzeitpunkt (ca. alle 30 sec) die über dem Rauschpegel liegenden Messwerte der 24-h-Messung pro Kategorie (Mobilfunk, Rundfunk, Übrige) aufsummiert (Wurzel der Quadratsumme). Dasselbe wurde mit den Werten der Spotmessungen gemacht. Die Weidemessungen wurden sowohl pro Messort als auch als Mittelwert über alle Weide-Messorte behandelt. Für jede Kategorie und jeden Messort wurde danach das Verhältnis $E_{\text{Spot}}/E_{24\text{h}}$ bestimmt. Dazu wurde für jede Spotmessung das zeitlich am nächsten liegende Äquivalent in der 24-h-Messung gesucht. Um den Tagesverlauf an den verschiedenen Spotmessorten zu extrapolieren, wurden die Messwerte der 24-h-Messung mit dem Faktor aus $E_{\text{Spot}}/E_{24\text{h}}$ multipliziert. In diesem extrapolierten Tagesverlauf wurde anschliessend der gleitende Durchschnitt über jeweils 15 Messungen berechnet und daraus der zeitlich gewichtete Durchschnitt für Stall, Laufhof und Weide bestimmt. Dazu wurden die haltungsbedingten, jahreszeitlich

unterschiedlichen Aufenthaltszeiten in den drei Bereichen gemäss Information des Landwirts verwendet. Da die Belegung der Weiden wetter-, vegetations- und managementbedingt variabel ist, sind die Aufenthaltszeiten nicht permanent dieselben. Für unsere Berechnung wurden jene Zeiten verwendet, die vom Landwirt als „üblich“ bezeichnet wurden. Die Berechnung des zeitlich gewichteten Durchschnitts (*time-weighted average*, TWA) für Stall, Laufhof und Weide erfolgte anhand folgender Formel:

$$\text{TWA} = \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2 + C_3 T_3 + \dots + C_n T_n}{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n}$$

wobei

C = Konzentration, hier die gemessene Feldstärke

T = Dauer der Exposition.

Da für die Berechnung des TWA der gleitende Durchschnitt über 15 Messungen verwendet wurde, ergibt sich für T ein Wert von ca. 8 Minuten, resp. als Zahlenwert 0.0061. Für die Gesamtexposition aus Mobilfunk, Rundfunk und Übrigen wurde die Wurzel der Quadratsumme berechnet. Zur Berechnung der Tagesbelastung aus Stall und Laufhof oder Weide wurde mit den TWA's dieser Bereiche dieselbe Gleichung wieder verwendet:

$$\text{Tagesbelastung} = \frac{(\text{TWA}_{\text{Stall}} * h_{\text{Stall}}) + (\text{TWA}_{\text{Laufhof}} * h_{\text{Laufhof}} \text{ oder } \text{TWA}_{\text{Weide}} * h_{\text{Weide}})}{24 \text{ h}}$$

Bei Betrieben mit Anbindehaltung wurden für Stall und Laufhof die vom Landwirt mündlich mitgeteilten Zeiten ausgewertet. Bei Betrieben mit Laufstall (Ra, Hi, Pf) können sich die Kühe nach Belieben im Stall oder im Laufhof aufhalten. Da die genauen Aufenthaltszeiten hier nicht bekannt sind, wurde in dieser Situation der TWA der beiden Bereiche für je 24 Stunden berechnet. Für die Berechnung der Tagesbelastung wurde jedoch für Stall und Laufhof die Hälfte der zur Verfügung stehenden Zeit, sprich 12 Stunden eingesetzt. Da die Exposition im Stall tiefer ist und die Kühe je nach Wetter eher mehr Zeit im Stall verbringen, wird die Exposition damit tendenziell überschätzt.

Aus der Tagesbelastung für Winter und Sommer wurde die Jahresbelastung berechnet. Für die Periode ohne Weideauslauf wurde entsprechend den Angaben der Landwirte die Zeit von Anfang Dezember bis Ende März (121 Tage) genommen. Wetterbedingt kann diese Periode natürlich variieren. Als Sommer resp. Periode mit Weideauslauf galten die restlichen 244 Tage. Die Gleichung ist dementsprechend:

$$\text{Jahresbelastung} = \frac{(\text{Tagesbelastung Winter} * 121) + (\text{Tagesbelastung Sommer} * 244)}{365}$$

Kategorisierung in exponierte und nicht exponierte Betriebe

Um zu sehen, ob die Höfe in exponierte und nicht exponierte Höfe eingeteilt werden können, wurden die Höfe entsprechend der Tagesbelastung je für Winter und Sommer rangiert und die Verhältnisse der Höfe untereinander berechnet. Gesucht wurden Kategorien, die sich auch nach Berücksichtigung eines Messfehlers von 45 Prozent noch mindestens um 10 dB unterschieden.

Tagesschwankung

In der vorliegenden Studie erfolgten die Spotmessungen nicht immer zum gleichen Zeitpunkt, sondern zeitplanbedingt am Vormittag, Mittag oder Nachmittag. Da eine unterschiedliche Auslastung der Mobilfunkantennen im Tagesverlauf die Vergleichbarkeit der Messungen beeinflussen kann, wurden zusätzlich die Tagesschwankungen der gemessenen Mobilfunkdienste analysiert. Liegt die durch Tagesmittelwert, Minimum und Maximum gegebene Schwankung im Bereich des Messfehlers (Tagesmittelwert \pm 45%), könnte der Messzeitpunkt vernachlässigt werden. Da Uplinksignale auf dem Betrieb das Tagesmaximum beeinflussen, für die Tiere aber kaum relevant sind, wären diese Signale eventuell aus der Messung, resp. Auswertung auszuschliessen. Hier wurden sie mitgemessen.

Vergleich Tagesbelastung mit/ohne Einbezug der 24-h-Messung

Zur Kontrolle, ob eine Berechnung der Tagesbelastung nur mittels Spotmessungen genau genug wäre, wurde diese mit jener Berechnung verglichen, bei welcher der Tagesverlauf, sprich die 24-h-Messung berücksichtigt wurde. Dazu wurde dieselbe Prozedur angewandt wie mit 24-h-Messung, aber mit den Werten aus der Spotmessung (aufsummiert über alle Dienste, resp. Kategorien), die dabei über 24 Stunden als gleichbleibend eingesetzt wurden. Für den Bereich Weide wurde der Mittelwert der Weidemessungen verwendet. Liegt der Unterschied im Bereich des Messfehlers, könnten Spotmessungen als ausreichend für die Bestimmung der Tagesbelastung erachtet werden.

Vergleich Spotmessung - Simulationsberechnung

Um abzuklären, ob für eine grössere Studie die rechnerische Bestimmung der Exposition auf den Weiden genau genug wäre, wurde die Übereinstimmung der berechneten mit den gemessenen Werten untersucht. Für die Berechnung der Exposition an den Koordinaten der Messorte kam dieselbe Software zum Einsatz wie bei der vorausgehenden grafischen Darstellung (NIS-View, Swisscom). Gerechnet wurde mit der Bedingung Line-of-sight.

Resultate und Diskussion

Berechnung der Tagesbelastung Sommer/Winter und der Jahresbelastung

Bei der Berechnung der Tagesbelastung wurde unterschieden zwischen Winter (Auslauf in den Laufhof) und Sommer (Auslauf auf die Weide). Für die einzelnen Bereiche wurden die vom Landwirt genannten Aufenthaltszeiten berücksichtigt. Die Aufenthaltsdauer betrug 0 bis 4 Stunden für den Winterauslauf (Null an den Tagen ohne Auslauf), 4 bis 11 Stunden für den Sommerauslauf und entsprechend 20 bis 24, resp. 13 bis 20 Stunden für den Stallaufenthalt im Winter, resp. Sommer. Da die Messungen von April bis Juni erfolgten, konnten schneebedingte Einflüsse wie Reflexion nicht in die Berechnung miteinbezogen werden.

Für Wintertage ohne Auslauf wurden Expositionen zwischen 0.0324 und 0.1396 V/m gefunden (Tab. 2). An Wintertagen mit Auslauf reichte die Spanne von 0.0033 bis 0.2028 V/m. Unter Sommerbedingungen mit Weideauslauf wurden Expositionen von 0.0258 bis 0.3060 V/m errechnet (Tab. 2). Die daraus berechnete gewichtete Jahresbelastung lag zwischen 0.0196 und 0.2610 V/m. Tabellen 3 und 4 zeigen die entsprechenden Werte für Mobilfunk, Rundfunk und Übrige.

Tab. 2: Tagesbelastung für Sommer und Winter sowie gewichtete Jahresbelastung in V/m.

Hof	Winter				Sommer				Jahresbelastung
	Stall 24h	Laufhof	Stall	SL	Stall	Laufhof	Weide	SLW	
Be	-	0.4317	-	0.0360	-		0.2018	0.0336	0.0344
Ra*		0.0813	-	0.0406	-	0.0802	0.0845	0.0503	0.0471
Sp	-	0.0566	-	0.0071	-		0.0774	0.0258	0.0196
Sc	-	0.0390	-	0.0033	-		0.1604	0.0434	0.0301
De	0.1396	0.5030	0.1387	0.1702	0.1389		0.4897	0.3060	0.2610
St	täglich Auslauf	0.2739	0.1868	0.2013	0.1884		0.3250	0.2482	0.2326
Ge	0.0565	0.0549	0.0564	0.0564	0.0564		0.0940	0.0725	0.0671
Su	0.0324	0.1207	0.0325	0.0397	0.0323		0.3571	0.1575	0.1184
Lo	-	0.0951	-	0.0079	-		0.1017	0.0424	0.0310
Hi*		0.2341	0.1715	0.2028	0.1711	0.2334	0.1801	0.1981	0.1993
Pf*		0.0249	0.0216	0.0233	0.0215	0.0248	0.1917	0.0513	0.0420
We	-	-	-	-	-		0.2154	0.0718	0.0480
Wü	-	-	-	-	-		0.0906	0.0387	0.0259

* = Betriebe mit Laufstall

- = keine Signale oberhalb Rauschpegel gemessen

SL = Stall + Laufhof

SLW = Stall + Laufhof + Weide

Graues Feld = nicht genutzter Bereich

Tab. 3: Tagesbelastung Sommer nach den drei Kategorien Mobilfunk, Rundfunk, Übrige (V/m).

SOMMER									
Hof	STALL			LAUFHOF			WEIDE		
	MF	RF	ZF	MF	RF	ZF	MF	RF	ZF
Be	-	-	-				0.2009	0.0120	0.0157
Ra*	-	-	-	0.0802	-	-	0.0845	-	-
Sp	-	-	-				0.0678	0.0379	0.0486
Sc	-	-	-				0.1604	-	-
De	0.1389	-	-				0.6157	0.0501	-
St	0.1884	-	-				0.3250	-	-
Ge	0.0564	-	-				0.0940	-	-
Su	0.0323	-	-				0.3571	-	-
Lo	-	-	-				0.0075	0.1014	-
Hi*	0.0605	0.1600	-	0.0449	0.2291	-	0.1311	0.1144	0.0462
Pf*	0.0215	-	-	0.0248	-	-	0.1913	-	0.0119
We	-	-	-				0.2154	-	-
Wü	-	-	-				0.0287	0.0859	-

Tab. 4: Tagesbelastung Winter nach den drei Kategorien Mobilfunk, Rundfunk, Übrige (V/m).

WINTER (mit Auslauf)						
Hof	STALL			LAUFHOF		
	MF	RF	ZF	MF	RF	ZF
Be	-	-	-	0.4313	0.0131	0.0148
Ra*	-	-	-	0.0813	-	-
Sp	-	-	-	0.0440	0.0355	-
Sc	-	-	-	0.0390	-	-
De	0.1396	-	-	0.5003	0.0784	-
St	0.1868	-	-	0.2739	-	-
Ge	0.0565	-	-	0.0549	-	-
Su	0.0324	-	-	0.1207	-	-
Lo	-	-	-	-	0.0951	-
Hi*	0.0607	0.1604	-	0.0450	0.2297	-
Pf*	0.0216	-	-	0.0249	-	-
We	-	-	-	-	-	-
Wü	-	-	-	-	-	-

* = Betriebe mit Laufstall

- = keine Signale oberhalb Rauschpegel gemessen

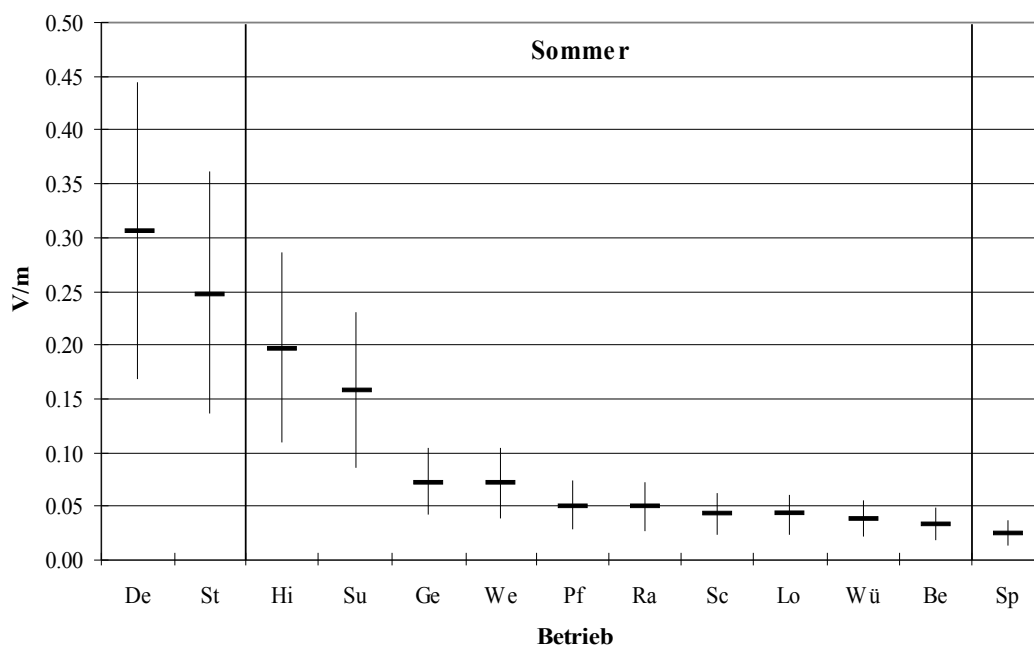
Beim Betrieb De verlief in einem Abstand von ca. 160 m zum Hauptgebäude eine Hochspannungsleitung. Die relevante Mobilfunk-Basisstation war in einem der Masten installiert (Distanz zum Hauptgebäude ca.. 306 m). Da die höher exponierte der beiden Weiden zwischen Betriebsgebäude und Hochspannungsleitung lag und ein Confounding-Effekt der Hochspannungsleitung nicht ausgeschlossen werden konnte, wäre dieser Hof bei einer Folgestudie eventuell auszuschliessen.

Beim Betrieb Be gab es am ersten Tag der 24-h-Messung Gewitter in der Umgebung. Diese führten zu Artefakten in den Messwerten geführt, die bei der Auswertung ausgeschlossen wurden. Aufgrund technischer Probleme gegen Schluss dieser Messung, lagen nicht für alle Dienste Messwerte über 24 Stunden vor. Dies wurde bei der Auswertung berücksichtigt und die entsprechenden Stunden ausgeschlossen. Im Fall einer Nachfolgestudie müssten sowohl die 24-h-Messungen als auch die parallel dazu durchgeführten Spotmessungen wiederholt werden.

Bei der Einteilung in Sommer- und Winterbedingungen muss berücksichtigt werden, dass diese Einteilung einzig aufgrund des unterschiedlichen Auslaufs erfolgte und aus zeitlichen Gründen keine Messungen in der Winterperiode gemacht werden konnten. Da die Messungen von April bis Juni durchgeführt wurden, konnten somit wetterbedingte Einflüsse wie Reflexion durch Schnee bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden. Um den Einfluss von Temperatur und Feuchtigkeit mit einzubeziehen, wären korrekterweise Messungen unter den Bedingungen kalt/warm-trocken/nass nötig. Auch wären unterschiedliche Vegetationsphasen zu berücksichtigen.

Kategorisierung in exponierte und nicht exponierte Betriebe

Abb. 1a, b und c zeigen die nach abnehmender Exposition rangierten Betriebe ($\pm 45\%$ Messfehler). Für eine deutliche Abgrenzung wurde zwischen dem höchsten Wert minus 45% und dem tiefsten Wert plus 45% ein Unterschied von mindestens 10 dB (Faktor 3.16) angestrebt. Dies war unter Sommerbedingungen mit Weideauslauf zwischen De/St und Sp der Fall. Für Wintertage mit Auslauf unterschieden sich die ersten drei Betriebe um mindestens 10 dB von den letzten fünf Betrieben. Bei den Betrieben We und Wü lagen für den Winter alle Messwerte im Bereich des Rauschens. Bei der Jahresbelastung unterscheiden sich nur die Betriebe De/St und Wü/Sp in gewünschter Masse.



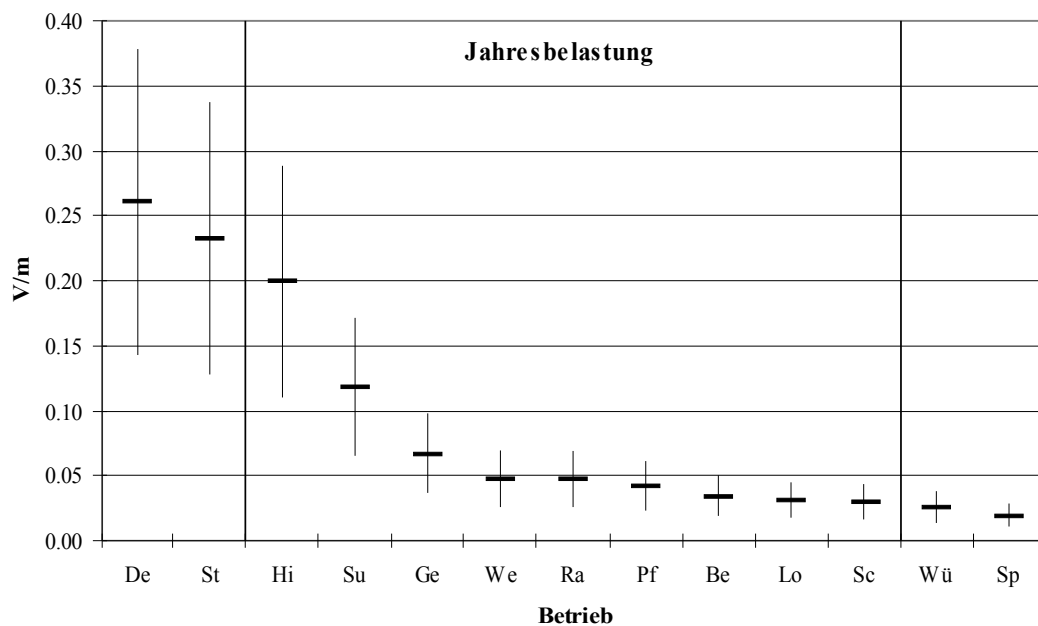
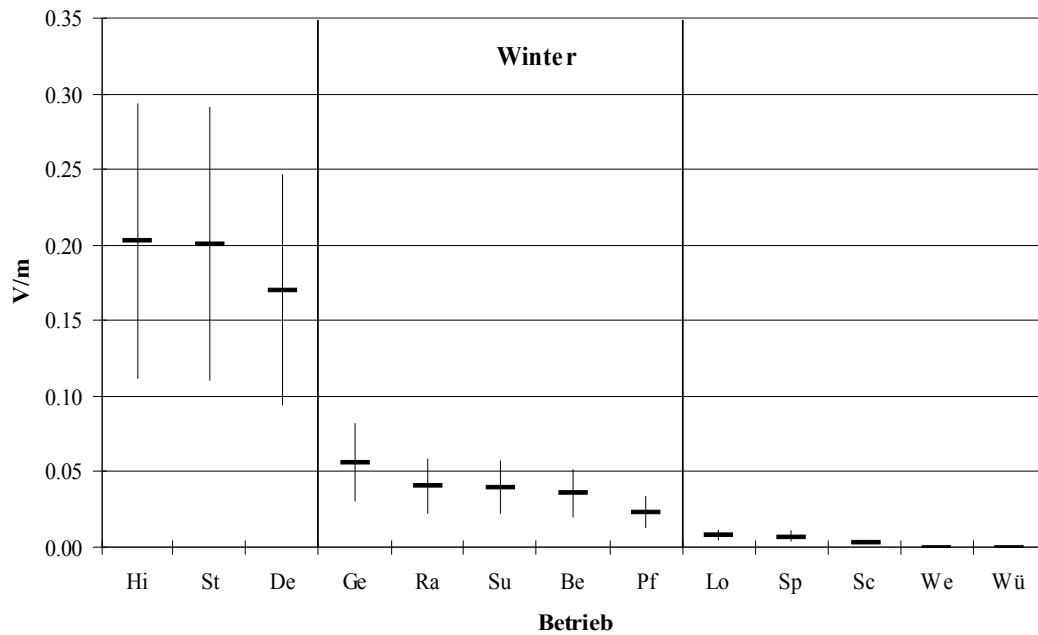


Abb. 1a, b, c: Betriebe nach abnehmender Tagesbelastung für Sommer, Winter und Jahresbelastung.

Wäre die Tagesbelastung auf einem Betrieb abhängig von dessen Distanz zur nächsten Sendeanlage und von der Anzahl Sendeanlagen in der Umgebung, wäre auf siedlungsferneren Betrieben generell mit einer tieferen Belastung zu rechnen. Da aus Gründen der Diebstahlsicherheit siedlungsferne Betriebe tendenziell bevorzugt wurden, hätte die getroffene Auswahl die Kategorisierung in Richtung siedlungsnah/exponiert und siedlungsfern/weniger exponiert verfälschen können. Dies war jedoch nicht der Fall. Siedlungsfernere Betriebe mit weniger Sendeanlagen zeigten nicht generell eine tiefere Tagesbelastung als siedlungsnähere (Betriebe Hi, Sp) mit mehr Anlagen. Die Tagesbelastung zeigte auch keine Abhängigkeit von der Distanz zur nächsten Sendeanlage (Abb. 2).

Dass sich die gewichtete Jahresbelastung nur bei vier der dreizehn Betriebe deutlich genug voneinander unterschied, ist somit eher durch die geringe Grösse der Stichprobe bedingt als durch deren Auswahl. Die kleine Stichprobe wiederum beruht auf dem knappen Zeitrahmen für die hier gewählte zeitaufwändige Messabklärung. Es scheint daher plausibel, bei einer grösseren Stichprobe (über 300 Herdbuchbetriebe im Kanton Baselland) von einer deutlicheren Kategorisierung auszugehen. Da die Tagesbelastung eindeutig nicht von der Distanz zur nächsten Sendeanlage abhängig ist, kann das Kriterium Distanz in weiteren Studien nicht für die Auswahl von exponierten/nicht-exponierten Betrieben verwendet werden.

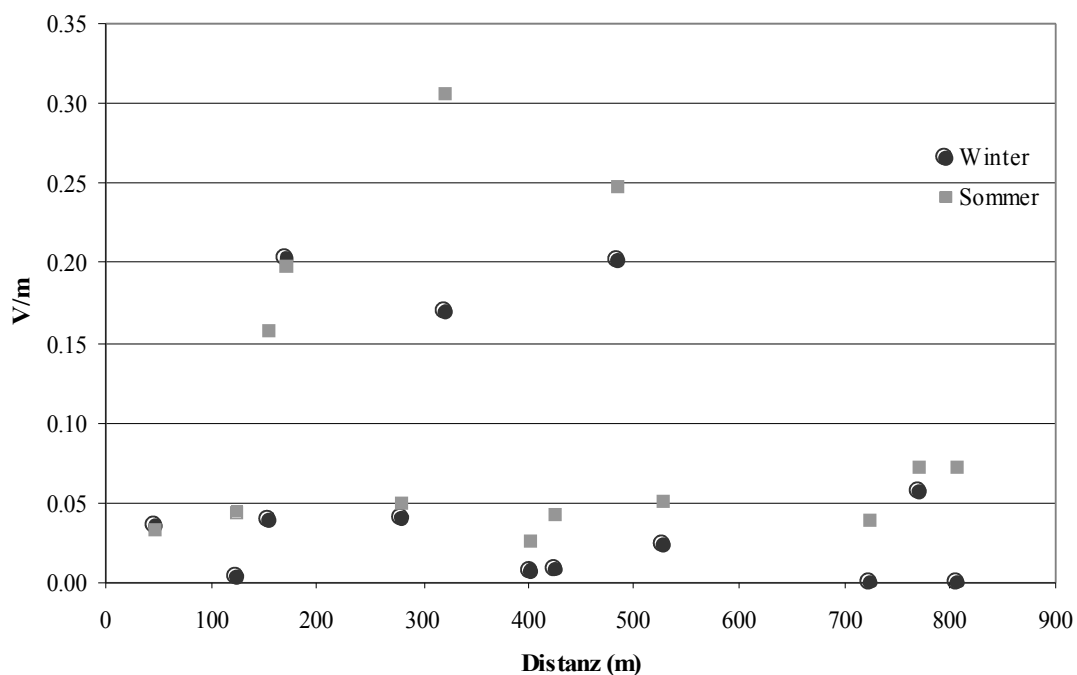


Abb. 2: Tagesbelastung in Abhängigkeit der Distanz zur nächsten Sendeanlage.

Tagesschwankung

Abb. 3 zeigt für jeden Betrieb Mittelwert, Maximum und Minimum des Mobilfunk-Tagesverlaufs sowie den Mittelwert $\pm 45\%$ Messfehler. Da die Tagesschwankung weitgehend im Bereich des Messfehlers liegt, kann der Einfluss des Zeitpunkts der Spotmessungen vernachlässigt werden. Die hohen Maxima bei den Betrieben Be und Sp sind durch GSM-Uplink- (d.h. Handygebrauch) (Sp) und DECT-Ereignisse (Be) bedingt. Diese wiederum beruhen darauf, dass das Messgerät für die 24-h-Messung aus Sicherheitsgründen nahe bei den Betriebsgebäuden installiert wurde und nicht im Aufenthaltsbereich der Tiere. Es scheint daher plausibel anzunehmen, dass Uplink- und DECT-Ereignisse für die Tiere in den Bereichen Stall, Laufhof und Weide nicht relevant sind.

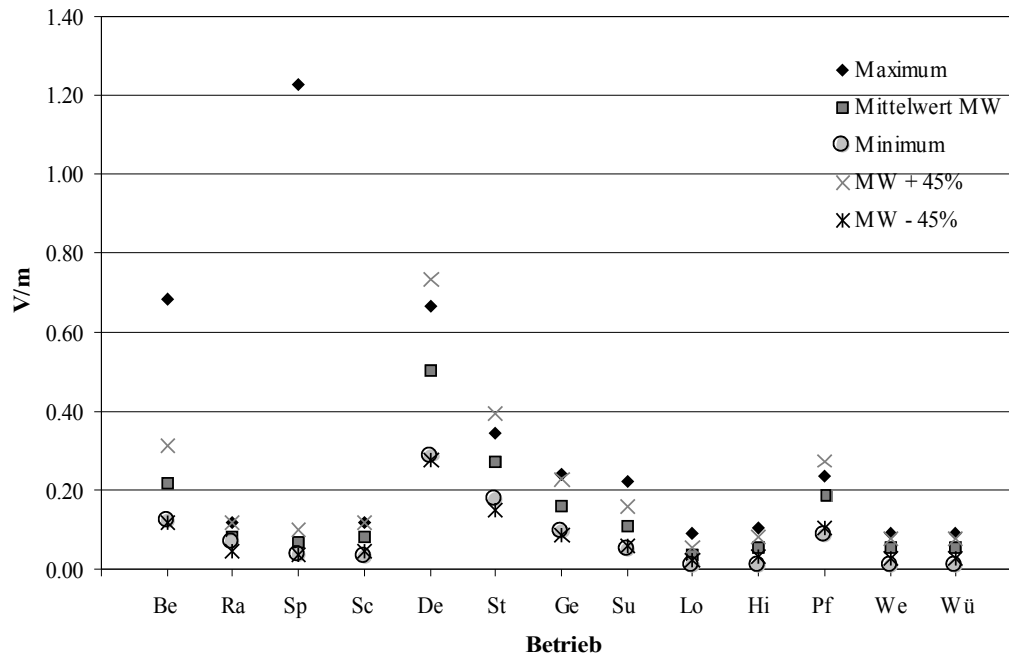


Abb. 3: Tagesschwankung der 24-h-Messung.

Vergleich Tagesbelastung mit/ohne Einbezug der 24-h-Messung

Wurde die Tagesbelastung nur mittels Spotmesswerten berechnet, wich diese erstaunlich wenig von jener ab, bei welcher der Tagesverlauf, sprich die 24-h-Messung miteinbezogen wurde (Abb.4). Aufgrund der, in Bezug auf den Messfehler kleinen Abweichungen könnten in ländlichen Gebieten mit wenig Mobilfunkverkehr Spotmessungen zur Bestimmung der Tagesbelastung ausreichen.

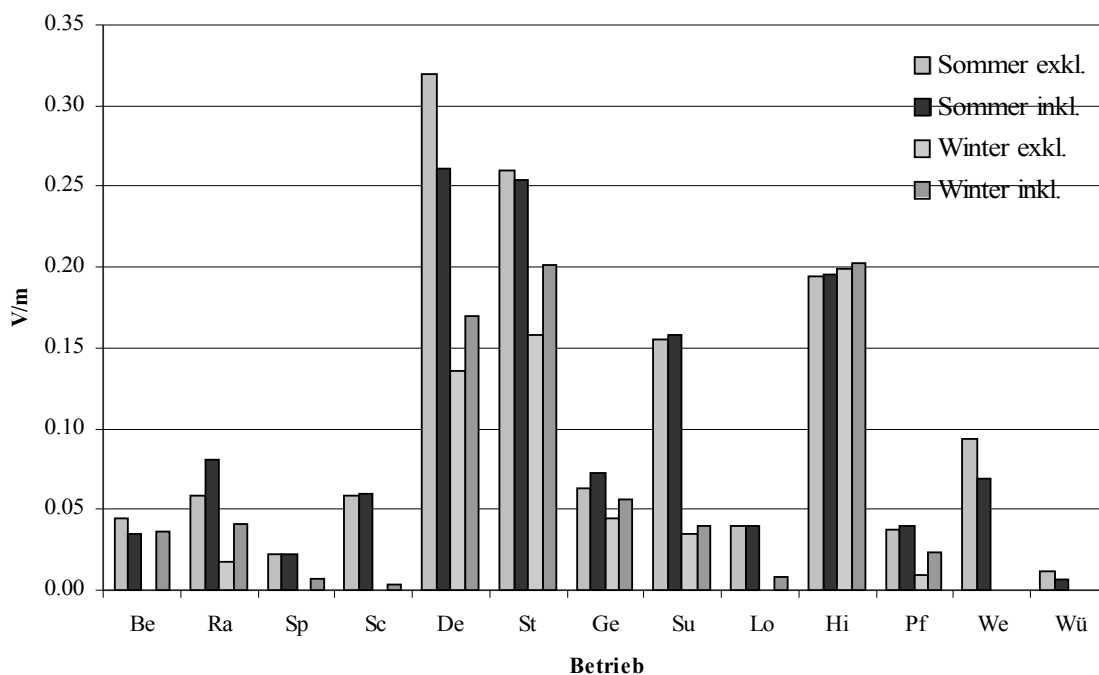


Abb. 4: Vergleich der Tagesbelastung mit (inkl.) und ohne (exkl.) Einbezug der 24-h-Messung.

Vergleich Spotmessung - Simulationsberechnung

In Abb. 5 sind die Abweichungen zwischen berechneten und gemessenen Werten ersichtlic. Ausgehend von einem kalibrations-, geräte- und probenahmebedingten Messfehler von 45 Prozent wurde diese Abweichung beim Vergleich zwischen Messung und Berechnung an einigen Messorten deutlich überschritten. Mögliche Erklärungen werden hier diskutiert.

Am Messort Su4 war der gemessene Wert (aufsummiert über alle Dienste und Kategorien) 83 Prozent tiefer als der berechnete. Eine mögliche Erklärung liefert die Messungenauigkeit des GPS bei der Höhenmessung. Nahe bei der Antenne hängt die Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung stärker von der Genauigkeit der Koordinaten und Höhenangabe ab als weiter weg. Diese Genauigkeit war mit dem verwendeten GPS speziell bei den Höhenangaben nicht gegeben. Wurde die Höhe von Hand per Karte bestimmt, sank die Abweichung auf knapp 23 Prozent. Das Problem der Höhenmessung dürfte auch die Abweichung bei den Messorten Pf1, Pf5 und Pf6 erklären.

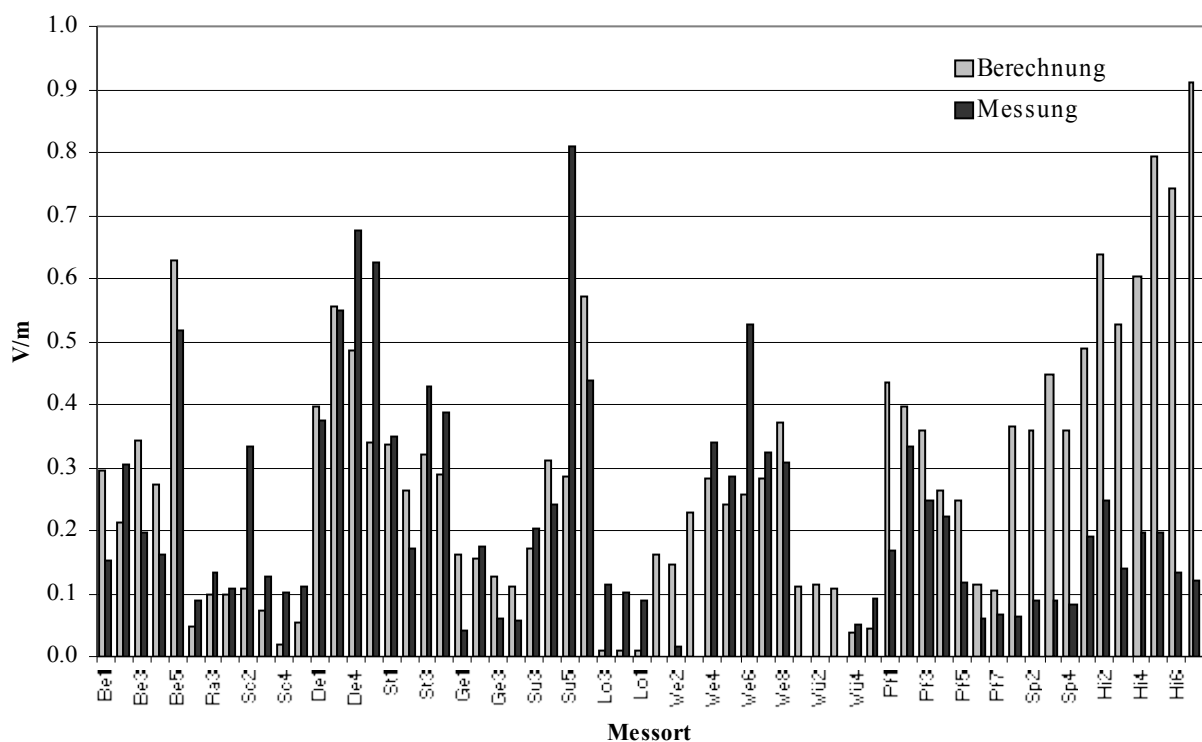


Abb. 5: Vergleich der gemessenen Werte mit der Berechnung

Die grosse Abweichung an den Messorten We1 bis We3 entsteht durch die Verteilung der Weideflächen auf diesseits und jenseits eines Passes. Während sich die ersten drei Messorte auf der Pässeite jenseits der Sendeanlage befanden, lagen alle weiteren auf dem Pass oder auf Seite der Anlage. Messort We7 lag so in direkter Verlängerung von Messort Su6. Auch die Abweichungen bei den Messorten Ge1, Wü1 bis Wü3, Hi und Sp beruhen hauptsächlich auf Abschattung, da bei all diesen Orten Bäume oder Hügel die direkte Sicht zur Sendeanlage verdeckten. Bei Messort Hi war dies genau bei jener Mobilfunksendeanlage (S2) am deutlichsten, welche den grössten Anteil an

HFEMF lieferte (Abb. 6a). Dieselbe Anlage war auch bei Sp die hauptsächliche EMF-Quelle (Abb. 6b). Hier entstand Abschattung vor allem durch Obstbäume.

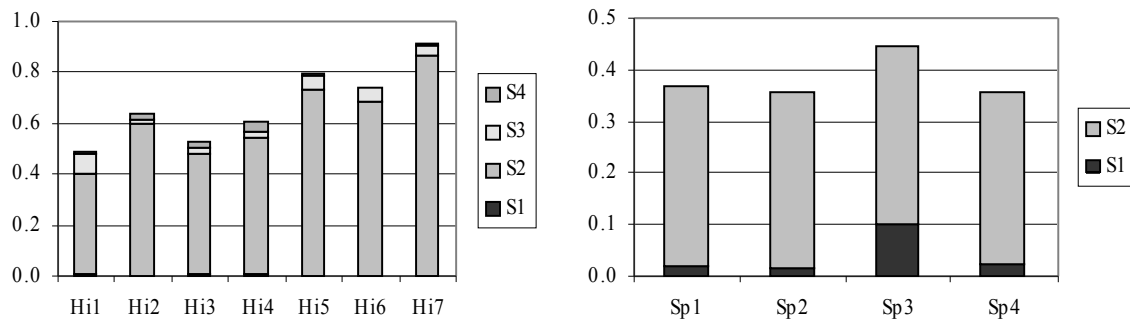


Abb. 6a, b: Anteil der Sendeanlagen an den gemessenen Werten. S_n = Sendeanlage (S1, S4: Mobilfunk; S2, S3: Mobil- und Rundfunk)

Schlussfolgerungen

Insgesamt zeigte sich, dass eine vorgängige rechnerische Bestimmung der Immissionsverteilung eine gute Vorbereitung zur Auswahl der Höfe sowie für die Beurteilung der Situation vor Ort ist. Ausserdem ermöglichte sie auf den Weiden eine Einschränkung der Messpunkte auf die Orte maximaler Exposition. Da in steilem Gelände mit vielen Obstbäumen wie im untersuchten Gebiet mit einer Abschätzung gegenüber der berechneten Lage zu rechnen ist, scheinen hier Kontrollmessungen vor Ort empfehlenswert. Wegen des schärferen Antennendiagramms trifft das bei Basisstationen mit GSM 1800 auch auf Weiden mit einer Distanz von 50 bis 200 Metern zu. Dasselbe gilt, wenn die Exposition eines Hofes von mehreren Sendeanlagen beeinflusst wird. Die Simulation dient danach wiederum der Kontrolle dieser Messungen. In unproblematischen Fällen wäre eine Expositionsbestimmung aber auch anhand der Simulationswerte alleine machbar.

Da die Tagesschwankung des Mobilfunks im Bereich des Messfehlers lag und die Berechnung der Tagesbelastung nur aufgrund der Spotmessungen gut mit jener übereinstimmte, bei welcher die 24-h-Messung miteinbezogen wurde, sollten Spotmessungen als Kontrollmessungen genügen, solange keine verkehrsreichen Mobilfunkanlagen in der Nähe sind. Ist dies aber der Fall, wäre sicherheitshalber eine 24-h-Messung zu empfehlen.

Generell wurde auf den berücksichtigten Höfen keine hohe Tages- und Jahresbelastung ermittelt. Dass aus Sicherheitsgründen siedlungsfernere Betriebe tendenziell bevorzugt wurden, scheint dabei keine Rolle zu spielen. Die Tiere standen je nach Haltungssystem und Jahreszeit aber deutlich mehr Zeit im Stall als auf der Weide, also in einem Bereich mit einer tieferen Exposition. Standortbedingt wiesen auch Laufhöfe meistens keine hohe Exposition auf. Bei weidenahen Sendeanlagen waren meist nur wenige Weiden betroffen. Eine Akkumulation hoher Immissionswerte wird auch dadurch verhindert, dass die Tiere während der Vegetationsperiode immer wieder auf andern Weiden stehen.

Da aber nicht bekannt ist, welche Dosis (oder Hochfrequenzimmission) ausreicht, um die Gesundheit und Leistung von Milchkühen zu beeinträchtigen, wäre eine grössere Studie nötig, um den Einfluss zu untersuchen. Mit einem guten Simulationsprogramm ermöglicht es die Kombination Simulation - Spotmessungen, den Messaufwand auf ein Mass zu reduzieren, dass auch eine grosse Stichprobe in nützlicher Frist machbar wäre.

Danksagung

Diese Studie wurde finanziert durch die Forschungsstiftung Mobilfunk, Zürich und durchgeführt in Zusammenarbeit mit dem Austrian Research Centers Seibersdorf, dem Lufthygieneamt beider Basel, dem Bundesamt für Kommunikation und der Emitec AG. Swisscom Innovation stellte freundlicherweise eine Testversion der Berechnungssoftware NisView zur Verfügung. Allen Beteiligten möchte ich herzlich danken, ganz besonders Bernhard Eicher, Swisscom Innovations, für die verständliche und geduldige Betreuung und Beratung, Georg Neubauer, ARCS, für Beratung und Mithilfe bei der Erstellung des Messprotokolls, Peter Fritschi, Swisscom Innovations, für das Austüfteln der LabView-Programmierung, Markus Camenzind, LHA, und Markus Riederer, BAKOM, für die Ausleihe der Messgeräte, Urs Thomi, BAKOM, für die Antennendaten, Peter Wüthrich, Emitec AG, für den mess- und gerätetechnischen Beistand, Hugo Lehmann, Swisscom V, für die Unterstützung bei Methode und Auswertung, Jürg Schneiter, Swisscom Innovations, für die Einführung in die Simulations-Software und Cäsar Studer für das Austüfteln und Herstellen der Saugnapfkonstruktion. Ein grosses Dankeschön geht ausserdem an alle beteiligten Milchviehhalter, dass sie ihre Ställe, Weiden, Fenster und Informationen zur Verfügung stellten.

Literaturnachweis

Algers, B. & Hennichs, K. (1985). "The Effect of Exposure to 400 kV Transmission Lines on the Fertility of Cows. A Retrospective Cohort Study." Prev. Vet. Med. **3**: 351-361.

Algers, B. & Hultgren, J. (1987). "Effect of long term exposure to a 400 kV, 50 Hz transmission line on estrous and fertility in cows." Prev. Vet. Med. **5**: 21-36.

Burchard, J. F., Monardes, H. et al. (2003). "Effect of 10 kV, 30 microT, 60 Hz electric and magnetic fields on milk production and feed intake in nonpregnant dairy cattle." Bioelectromagnetics **24**(8): 557-63.

Burchard, J. F., Nguyen, D.H. et al. (1998). "Effects of electric and magnetic fields on nocturnal melatonin concentrations in dairy cows." J Dairy Sci **81**(3): 722-7.

Burchard, J. F., Nguyen, D. H. et al. (1996). "Biological effects of electric and magnetic fields on productivity of dairy cows." J Dairy Sci **79**(9): 1549-54.

Löscher, W. & Käs, G. (1998). "Auffällige Verhaltensstörungen bei Rindern im Bereich von Sendeanlagen." Prakt. Tierarzt **79**(5): 437-444.

Rodriguez, M., Petitclerc, D. et al. (2002). "Effect of electric and magnetic fields (60 Hz) on production, and levels of growth hormone and insulin-like growth factor 1, in lactating, pregnant cows subjected to short days." J Dairy Sci **85**(11): 2843-9.

Stärk, K., Krebs, T. et al. (1997). "Absence of chronic effect of exposure to short-wave radio broadcast signal on salivary melatonin concentrations in dairy cattle." J Pineal Res **22**: 171-176.

Anhang 1:

Programmierung der Dienstabellen entsprechend Auflösungsbandbreite

Zur Erreichung der gewünschten Auflösungsbandbreiten wurden „Hilfsdienste“ programmiert, die in der Auswertung aber nicht zu berücksichtigen waren.

RBW 30 kHz

Service	Lower Freq. MHz	Higher Freq. MHz
DECT	1880	1900
DECT HD	1910	1910.15

RBW 100 kHz

Service	Lower Freq. MHz	Higher Freq. MHz
UKW	87.5	108
TP Swiss I+II	147	148
UKW HD	149	149.5

RBW 200 kHz (kein HD notwendig)

Service	Lower Freq. MHz	Higher Freq. MHz
Ermes	169	170
Polycom	390	393
GSM 900 UL	880	915
GSM-R	921	925
GSM 900 DL	925.1	959.9
GSM 1800 UL	1710	1785
GSM 1800 DL	1805.1	1854.9

RBW 300 kHz

Service	Lower Freq. MHz	Higher Freq. MHz
VHF III	174	223
UHF IV	470	582
UHF V	582	862
UHF HD	224	226

RBW 1 MHz = „Übrige“ (kein HD notwendig, aber ZF4 modifiziert)

Service	Lower Freq. MHz	Higher Freq. MHz
ISM	432	437
ISM	862	870
ZF1	75	87
ZF2	108.5	146.5
ZF3	148.5	168.5
ZF4	170.5	176.5 (statt 173.5)
ZF5	230.5	389.5
ZF6	393.5	431.5
ZF7	437.5	469.5
ZF8	870.5	879.5
ZF9	915.5	920.5
ZF10	960.4	1239.5
ZF11	1400.5	1709.5
ZF12	1785.5	1804.6
ZF13	1855.4	1879.5
ZF14	1900.5	1919.5
ZF15	1980.5	2109.5
ZF16	2170.5	2399.5
ZF17	2500.5	3000
Radar	1240	1400

RBW 2 MHz (kein HD notwendig, aber DAB modifiziert)

Service	Lower Freq. MHz	Higher Freq. MHz
DAB Kanal 12	223	233 (statt 230)

RBW 5 MHz

Service	Lower Freq. MHz	Higher Freq. MHz
UMTS UL	1920	1980
UMTS DL	2110	2170
HD	2200	2225
WLAN	2400	2500

Anhang 2: Messmethode

1. Übersichtsmessung

Ort:	Hofplatz
Modus:	Spectrum Analysis
Result type:	MAX AVE über 8 Runs
Frequency span:	75 MHz – 3 GHz
RBW:	1 MHz
Measure Range:	2.8 V/m

2. Langzeitmessung über 24 Stunden

Ort:	Bei einem geeigneten Fenster
Messhöhe:	variabel
Modus:	Safety Evaluation
Result type:	ACT
RBW:	siehe Liste der Dienste
Measure Range:	2.8 V/m

3. Spotmessungen

2.1 Am Ort der Langzeitmessung

Anzahl Messpunkte	1
Ort:	Langzeitmessung
Messhöhe:	variabel
Modus:	Safety Evaluation
Result type:	ACT
RBW	siehe Liste der Dienste
Measure Range:	2.8 V/m

2.2 Weide, Laufhof

Anzahl Messpunkte	3
Ort:	Ort maximaler Exposition (NISView) + 1 m zur/weg von Basisstation
Messhöhe:	1.5 m
Modus:	Safety Evaluation
Result type:	ACT
RBW	siehe Liste der Dienste
Measure Range:	2.8 V/m

2.3 Stall

Anzahl Messpunkte	1
Ort:	Ort maximaler Exposition (Fenster oder Eingang)
Messhöhe:	1.5 m
Modus:	Safety Evaluation
Result type:	ACT
Measure Range:	2.8 V/m

Anhang 3: Messgeräte

Verwendet wurde zwei Meßgeräte des Typs SRM-3000:

Spotmessung: Seriennr. D-0026, mit Narda-Messantenne 3AX 75M-3G, Seriennr. D-0026;

Eigentum Lufthygieneamt beider Basel, Liestal;

24-h-Messung: Seriennr. F-0028, mit Narda-Messantenne 3AX 75M-3G, Seriennr. F-0036;

Eigentum Bundesamt für Kommunikation, Biel.

Es handelt sich dabei um ein frequenzselektives Feldstärkemesssystem der Firma Narda Safety Test Solutions. Die Eigenrauschanzeige für dieses Gerät wird bei isotroper Messung mit $87 \mu\text{V/m}$ bei 900 MHz mit 1 kHz Auflösungsbandbreite (RBW) und mit $120 \mu\text{V/m}$ bei 2,1 GHz mit 1 kHz

Auflösungsbandbreite angegeben.

Nötige Grundkenntnisse und Erfahrungen für den Betrieb dieses Gerätes wurden gesammelt mit Unterstützung des Lufthygieneamtes beider Basel, Liestal (Markus Camenzind), des Bundesamtes für Kommunikation, Biel (Markus Riederer) und der Emitec AG, Rotkreuz (Peter Wüthrich) sowie durch die Einführung durch den vorherigen Projektinhaber Dr. Franz Brülisauer.

Anhang 4: Zeitaufwand

	Dez	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt
Erarbeiten Messprotokoll	X	X	X	X							
Auswahl / Vorbereitung Betriebe			X	X							
Berechnung Exposition			X	X	X						
Messungen					X	X	X				
Vorbereitung Daten						X	X	X			
Auswertungen								X	X	X	
Bericht									X	X	X

Anhang 5: Beispiel eines Hofporträts

Hofdaten RA

Ort: Hölstein BL

Koordinaten: 625769 / 253122

Höhe: 455 m.ü.M.

Bodenbeschaffenheit Laufhof: Beton

Distanz Sendeanlage relativ zum Hauptgebäude: 280 m

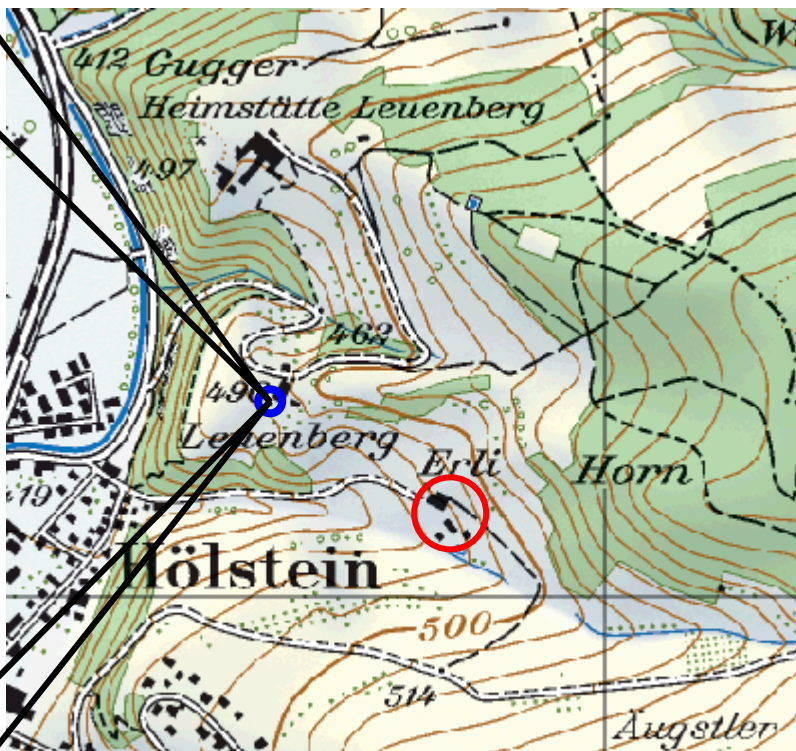
Messdaten

Datum: 10. + 11.5.2006

Wetter: bedeckt 8/8, aber trocken (10.5.); sonnig (11.5.)

Boden: Asphalt trocken, Schotter + Gras feucht

Situationsplan Basisstation – Hof



○ = Basisstation Mobilfunk (GSM 900, GSM 1800, Telepage)

○ = Hof

— = Senderichtungen Mobilfunk

Lage der Messorte



● = 24-h-Messung
● = Basisstation

①-③ = Messorte
 = neues Gebäude

S = Stall

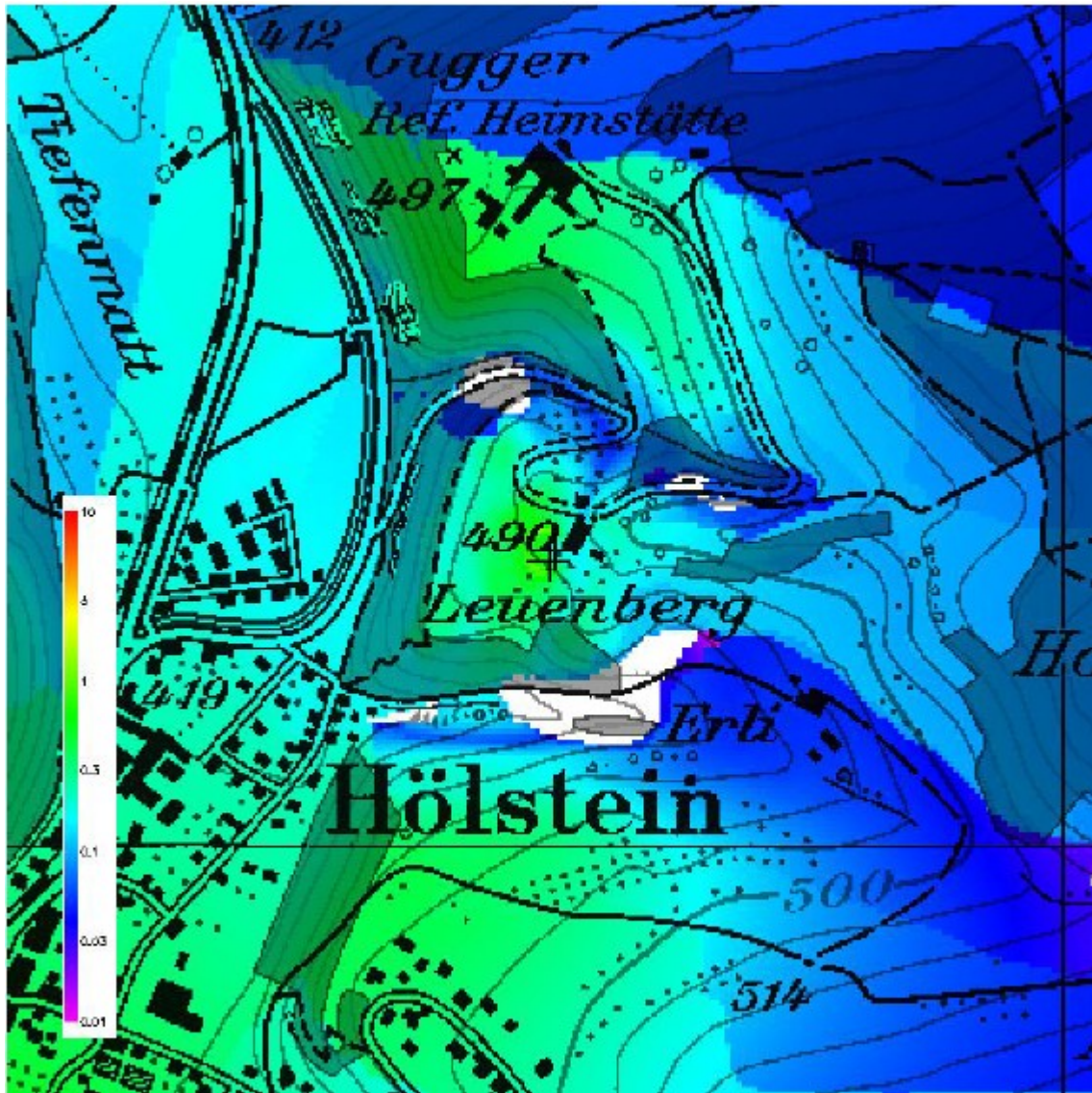
L = Laufhof

Messwerte Spotmessung (V/m)

Messort	Mobilfunk	Rundfunk	Übrige
RA 24h	0.0406	-	-
RA STALL	-	-	-
RA W1	0.0512	0.0724	-
RA W2	0.1140	0.1613	-
RA W3	0.0776	0.1097	-
RA LAUF	0.0300	0.0424	-

- = Signale unter Rauschpegel

Berechnung NISView



Berechnung der elektrischen Summenfeldstärke 1.5 m über Boden für Mobilfunk 900 und 1800 MHz und Telepage für den Standort RA (inkl. Stationen HOIN und HOST). Simulation unter Verwendung der Antennen- und Senderdaten BAKOM vom 6.4.2006.

Dokumentation der Messorte (Weiden jeweils Richtung Sendeanlage)



24-h-Messung



24-h-Messung - Sendeanlage



Laufhof – Sendeanlage



W1



W2



W3