



Fachhochschule Deggendorf • Postfach 1320 • 94453 Deggendorf

Regierung des Fürstentums Liechtenstein
Ressort für Umwelt, Raum, Land- und
Waldwirtschaft
Herr S. Hassler

FL-9490 Vaduz

Ihre Nachricht vom:	Telefon-Durchwahl:	E-Mail:	Unser Zeichen:	Ort, Datum:
	Tel.: +49 (0) 991-36 15-522	matthias.wuschek@fh-deggendorf.de		Deggendorf, 21.10.2005
	Fax: +49 (0) 991-36 15-599			

"Mobilfunk in Liechtenstein - Studie zur Immissionssituation"

Stellungnahme zu Methodik und Ergebnissen einer Studie über Mobilfunkimmissionen im Fürstentum Liechtenstein

Mit Schreiben vom 26. September 2005 wurde ich von der Regierung des Fürstentums Liechtenstein beauftragt, die Studie "Mobilfunk in Liechtenstein - Studie zur Immissionssituation", die im Auftrag der Regierung des Fürstentums durch die Firma enorm GmbH, München erstellt wurde, bezüglich ihrer Methodik und der Plausibilität der gefundenen Ergebnisse zu begutachten.

Für die Begutachtung der Studie stand mir eine Kopie des Gesamtberichtes (bestehend aus drei Teilberichten) zur Verfügung, außerdem fand, auf meine Initiative hin, am 10. Oktober 2005 eine Besprechung bei der Firma enorm GmbH in München statt, in dessen Rahmen von mir einige offene Fragen, die sich nach Studium der Teilberichte ergeben hatten, angesprochen und mit Vertretern der Firma enorm GmbH diskutiert wurden.

Aufgrund der von mir im Jahr 2001 im Fürstentum Liechtenstein durchgeführten umfangreichen Mobilfunk-Immissionsmessungen sind mir die topografischen und morphologischen Gegebenheiten sowie die derzeitigen Standorte von Mobilfunksendeanlagen in Liechtenstein gut bekannt, was die Bewertung der im Gutachten dokumentierten Ergebnisse teilweise erheblich erleichtert.

Die im Rahmen des beauftragten Mobilfunkgutachtens behandelten Fragestellungen, sowie die Methodiken, die von den Autoren des Gutachtens

Hausanschrift:
Edlmaistr. 6+8
D-94469 Deggendorf
Tel.: +49 (0) 991 - 36 15-0
Fax: +49 (0) 991 - 36 15-297
<http://www.fh-deggendorf.de>

verwendet wurden, sollen im folgenden kurz dargestellt und bewertet werden. Gleichzeitig erfolgt eine Würdigung der wesentlichen Ergebnisse Gesamtgutachtens.

Gliederung des Gutachtens

Vorliegendes Gutachten gliedert sich in drei Teile, die auch in separaten Einzelberichten dokumentiert sind:

- Teil 1:** Theoretischer Teil + Grundlagen
- Teil 2:** Technische Auswertung der Ist-Situation und von Alternativszenarien
- Teil 3:** Messdokumentation

Auftragsgemäß soll sich meine Begutachtung im wesentlichen auf Teil 2 der Untersuchungen konzentrieren. Teil 1 behandelt hauptsächlich die im Fürstentum Liechtenstein vorhandenen geografischen bzw. rechtlichen Rahmenbedingungen. Außerdem werden darin nur grundsätzliche Möglichkeiten zur Reduktion elektromagnetischer Immissionen im Bereich Mobilkommunikation vorgestellt und diskutiert. Die eigentlichen Untersuchungen für das Landesgebiet von Liechtenstein werden im Teil 2 des Gutachtens beschrieben, so dass man sich im wesentlichen hierauf konzentrieren kann. Teil 3 des Gutachtens dokumentiert die Ergebnisse der im Fürstentum durchgeführten Feldstärkemessungen, die als Grundlage für die Justierung des für die Immissionsberechnungen verwendeten Programms verwendet werden.

Im Rahmen des Gutachtens behandelte Fragestellungen

Das vom Fürstentum Liechtenstein vergebene Gutachten sollte insbesondere folgende Fragestellungen und Aufgaben eingehend untersuchen:

- Vergleich verschiedener Standortszenarien unter Berücksichtigung einer möglichst geringen Exposition durch nichtionisierende Strahlung.
- Prüfung, ob die flächendeckende Einführung des "Salzburger Grenzwertes" (1 mW/m^2) unter Beibehaltung einer angemessenen Mobilfunkversorgung im Fürstentum prinzipiell möglich erscheint.
- Untersuchung einer Konzeption, einen Teil des Landes nur eingeschränkt zu versorgen, so dass Telefonieren regelmäßig nur im Freien möglich ist und nicht besiedelte Gebiete nur minimal versorgt werden.
- Untersuchung der Befeldung durch Mobilfunkstationen ausländischer Staaten.
- Untersuchung eines speziellen Alternativszenarios im Bereich Steg - Malbun bezüglich eines Grenzwertes von $0,02 \text{ Volt/m}$ unter Berücksichtigung von UKW- und Polizeifunksendern (Policom).

Mit Ausnahme von Punkt 3, finden sich im vorliegenden Gutachten für alle Fragestellungen umfangreiche, aussagekräftige Ergebnisdarstellungen.

Verwendetes Prädiktionstool und dessen "Eichung"

Von entscheidender Bedeutung für die Verlässlichkeit und Aussagekraft der durchgeführten Untersuchungen ist das verwendete Feldstärkeprognose-Tool, sowie dessen Parametrisierung und "Eichung". Im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchungen wurde ein dreidimensionales Prädiktionstool verwendet, das mit strahlenoptischen Ausbreitungsmodellen unter Einbeziehung von Reflexion und Beugung arbeitet. Es ist leider nicht näher dokumentiert, ob es sich um ein kommerzielles Produkt handelt, bzw. ob und gegebenenfalls welche in der Fachliteratur bekannten Ausbreitungsmodelle vom Programm verwendet werden.

Signalausbreitung (d.h. Streckendämpfung), Reflexion und Beugung werden vom Programm jeweils durch einen individuellen Dämpfungsparameter gewichtet. Diese Parameter sind erfahrungsgemäß abhängig von der Signalfrequenz und insbesondere von der Umgebung, in der sich die Wellen ausbreiten. Im freien Gelände ergeben sich gewöhnlich andere Ausbreitungsparameter als beispielsweise in dicht bebautem städtischen Umfeld. Mittels der Ergebnisse aus durchgeführten Messungen der vorhandenen Mobilfunkfelder (26 Messpunkte) wird von den Autoren der Studie das Berechnungsmodell "geeicht", d.h. die drei Ausbreitungsparameter wurden so lange variiert, bis die für die 26 Punkte aus den aktuellen technischen Daten der Stationen vom Programm rechnerisch bestimmten Immissionswerte im Mittel möglichst gering von den gefundenen Messwerten abweichen. Es stellte sich dabei heraus, dass der Dämpfungsexponent für den Ausbreitungsweg den größten Einfluss auf die Einjustierung des Berechnungstools ausübt, die Parameter für Reflexion und Beugung sind nur von untergeordneter Bedeutung. Auch der Unterschied zwischen GSM 900 und GSM 1800 ist nicht all zu groß.

Wie aus den Abbildungen 5 und 6 des Gutachtens hervorgeht, streuen die Messwerte natürlich in gewissem Maß um die Prognosewerte. Leider werden in diesem Kapitel des Gutachtens die statistischen Fachbegriffe für die systematische Abweichung und die Standardabweichung nicht konsequent verwendet: Die Autoren verstehen unter dem "mittleren Fehler" die konstante mittlere systematische Abweichung zwischen Messung und Prognose, die Standardabweichung bezeichnen sie als "maximale Abweichung", was suggerieren könnte, dass niemals eine größere Differenz als den angegebenen 6 dB zwischen Messung und Prognose aufgetreten ist. Ein Blick auf die Abbildungen 5 und 6 zeigt allerdings, dass im Einzelfall durchaus auch größere Abweichungen von mehr als 10 dB aufgetreten sind.

Die aus dem Vergleich zwischen Messung und Berechnung gefundene Standardabweichung ist für die folgenden Untersuchungen von entscheidender Bedeutung. Wie richtig von den Autoren dargelegt, prognostizieren derartige Programme immer eine am betrachteten Punkt zu erwartende mittlere Feldstärke ("Median"), was bedeutet dass mit 50 Prozent Wahrscheinlichkeit in der Realität größere Felder als prognostiziert auftreten werden. Um eine zuverlässigere Aussage zu erhalten (üblich ist hier die Angabe einer Feldstärke, die mit 95 Prozent Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird), muss die prognostizierte 50-Prozent-Feldstärke mit einem geeigneten Korrekturfaktor, der sich aus der gaußförmigen Wahrscheinlichkeitsverteilung der Prognosewerte ergibt, multipliziert werden. Bei der Ermittlung des Korrekturfaktors sind ebenfalls Ungereimtheiten im Gutachten vorhanden. Im Kapitel 4.2.1 wird von 6 dB bezüglich der Leistung gesprochen, was nach Auffassung der Autoren 3 dB bezüglich der Feldstärke bedeutet. Diese Aussage ist fachlich nicht korrekt. Im Rahmen der Be-

sprechung bei der enorm GmbH in München wurde auf diese Problematik hingewiesen, das darauf mir zugestellte Fax vom 17.10. konnte die vorhandenen Unklarheiten leider nicht ausräumen. Es ist auch nicht nachvollziehbar, warum ein Faktor von 2,4 bezüglich der Feldstärke einem dB-Wert von 3,8 entsprechen soll. Auch die Größe der gewählten Korrekturfaktoren sind leider nicht nachvollziehbar. Richtig ist natürlich, dass Korrekturfaktoren verwendet werden müssen, um eine Aussage mit ausreichend hoher statistischer Sicherheit zu erhalten.

Weiterhin stellt sich die Frage, nach der Zuverlässigkeit der "Eichung" des Berechnungstools. Für das Talgebiet des Fürstentums standen nur 23 Messpunkte zur Verfügung, um die Parameter zu justieren, für das Berggebiet Steg - Malbun waren es sogar nur drei Punkte. Es ist natürlich immer möglich, die Parameter eines Berechnungsmodells so zu optimieren, dass eine möglichst gute Anpassung zwischen einer Anzahl von Mess- und den Berechnungsergebnissen erzielt wird. Im Rahmen des Gutachtens wurde jedoch nicht verifiziert, ob mit den so eingestellten Parametern auch andere Punkte mit der gleichen systematischen Abweichung bzw. vergleichbarer statistischer Streuung prognostiziert werden können. Man muss dazu bedenken, dass durch die "Eichung" quasi für das komplette Talgebiet der gleiche Dämpfungsparameter für die Streckendämpfung verwendet wird. Andererseits ist aus einer Vielzahl von Untersuchungen in der Vergangenheit bekannt, dass der Dämpfungskoeffizient sehr stark von der Art der Ausbreitungsstrecke abhängig ist. Das hier verwendete Programm rechnet also beispielsweise für Punkte im Zentrum von Vaduz mit den gleichen Parametern wie für Punkte im offenen Gelände. Hier wären noch eingehende Untersuchungen zur Zulässigkeit dieser Vereinfachung wünschenswert, die dokumentieren, ob eine derartige "Eichung" auch bei anderen Punkten vergleichbare Ergebnisqualitäten liefert. Insbesondere drängt sich diese Frage natürlich für das Gebiet Steg - Malbun auf, dass zwar getrennt vom Talgebiet "geeicht" wurde, für den Justierprozess standen hier allerdings nur ganze drei Punkte zur Verfügung.

Falls sich herausstellt, dass bei Betrachtung anderer Punkte die Ergebnisse nicht im bisher angenommenen Toleranzbereich (± 6 dB) liegen, ist damit nicht gleichzeitig verbunden, dass Untersuchungen mit dem hier gewählten Tool bzw. Kalibrierverfahren prinzipiell unbrauchbar sind, jedoch müssen gegebenenfalls größere Werte für die Standardabweichung als die hier gefundenen ± 6 dB verwendet werden, was zu einer Zunahme der mit 95 Prozent Wahrscheinlichkeit zu erwartenden maximalen Feldstärke in der Fläche führt.

Ein weiterer Punkt sei an dieser Stelle angemerkt: Eigene Erfahrungen aus Prognoseberechnungsprojekten mit anschließender Nachmessung haben ergeben, dass bei den Messungen im Mittel höhere Immissionswerte gefunden werden, als es durch die Berechnungen prognostiziert wird. Der Grund dafür liegt hauptsächlich nicht in falschen Parametern der Prognose, sondern im Messprinzip begründet: Wie auch von den Autoren des Gutachtens empfohlen, werden derartige Messungen gewöhnlich in Übereinstimmung mit den Messempfehlungen des Schweizer BUWAL durchgeführt. Dort wird die "Schwenkmethode" zur Erfassung lokaler Feldstärkemaxima empfohlen. Das Ergebnis von Feldstärkemessungen ist also nicht ein räumlicher Mittelwert sondern die im Messvolumen vorhandene Spitzenfeldstärke, die durch Interferenzen (Mehrwegeausbreitung!) erzeugt wird. Nach unserer Erfahrung ist ein Aufschlagsfaktor von etwa 3 dB auf die rechnerisch prognostizierten Werte notwendig, will man verhindern, dass bei Messungen in vielen Fällen höhere Immissionswerte gefunden werden als durch die Berechnung prognostiziert. Die gleiche Auffassung wird auch in

aktuellen Veröffentlichungen zu Mess- und Berechnungsverfahren bei GSM-Mobilfunkbasisstationen [1] vertreten. Ein derartiger Aufschlagsfaktor wurde im vorliegenden Gutachten nicht verwendet, er wäre nur dann verzichtbar, wenn im Rahmen der Messungen mit der Schwenkmethode an den einzelnen Punkten intensiv die jeweiligen Feldstärkemaxima gesucht wurden. Ob dies geschehen ist, kann dem Teil 3 des Gutachtens (Dokumentation der Messungen) nicht entnommen werden.

Zusammenfassend lässt sich zum verwendeten Prognosetool und dessen "Eichung" festhalten, dass hierbei noch einige fachliche Fragen offen geblieben sind, die sich insbesondere auf die Errechnung des Korrekturfaktors für die Prognosesicherheit von 95 Prozent beziehen. Ebenso besteht bei der gefundenen Standardabweichung von 6 dB und eines eventuell notwendigen Zuschlagsfaktor zur besseren Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung noch fachlicher Diskussionsbedarf. Man möge dabei im Auge behalten, dass hier das bekanntermaßen sehr komplexe und umgebungsabhängige Ausbreitungsverhalten von elektromagnetischen Wellen im Frequenzbereich zwischen etwa 1 und 2 GHz allein durch "Eichung" mittels Vergleich zwischen Mess- und Berechnungsergebnissen an einigen wenigen Punkten und Justierung von im wesentlichen nur einem Parameter vereinfacht wird, so dass nach Aussage der Autoren nun die Feldverteilung in einem relativ großen Gebiet mit Freiflächen, Wäldern sowie dichter und aufgelockerter Bebauung mit einer relativ geringen Standardabweichung von gerade mal 6 dB beschrieben werden kann.

Allerdings muss an dieser Stelle nochmals festgehalten werden, dass aufgrund der hier offen gebliebenen Fragen die Aussagekraft der Prognoseberechnungen nicht grundsätzlich in Frage gestellt ist. Vielmehr besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass die prognostizierten Immissionen regelmäßig zu niedrig ausgefallen sind. Alle relativen Aussagen (d.h. der Vergleich verschiedener Szenarien) sind vermutlich weniger durch die hier noch vorhandenen offenen Fragen betroffen. Ein Beispiel dafür wäre der Vergleich zwischen Inlands- und Auslandsbeitrag. Bezüglich der absoluten Höhe der Felder besteht nach meinem Dafürhalten zwar eine gewisse Unsicherheit (in Richtung einer eventuellen systematischen Unterschätzung), die grundsätzliche Aussage, dass beispielsweise der Auslandsbeitrag im Vergleich zum Inlandsbeitrag im Bereich des Rheintals teilweise sogar dominiert, wird dadurch jedoch nicht in Frage gestellt.

Berechnung der flächendeckenden Immission im Fürstentum Liechtenstein (Inlandsstandorte)

Mittels des oben näher beschriebenen Berechnungstools wurden anschließend Immissionsberechnungen für die Gesamtfläche des Fürstentums durchgeführt. Es ergab sich, dass derzeit nirgendwo die Anlagengrenzwerte überschritten wird. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die Berechnungen nur für eine definierte Höhe über Grund (Bodennähe) durchgeführt wurden und die verwendeten Modelle keinesfalls in der Lage sind, alle kleinräumigen Gegebenheiten insbesondere in dicht bebauten Ortszentren korrekt zu erfassen, so dass die im Fürstentum verbindlichen individuellen Immissionsberechnungen für OMEN und eventuell dazugehörige Abnahmemessungen unverzichtbar bleiben, will man mit hoher Sicherheit die Einhaltung der Anlagengrenzwerte gewährleisten. Sehr richtig stellen die Gutachter fest, dass eine Einhaltung des "Salzburger Grenzwertes" (1mW/m^2) in der Umgebung der aktuellen Standorte selbst in Bodennähe regelmäßig nicht gegeben ist.

Berücksichtigung des Auslandes

Als sehr gelungen hervorzuheben sind die Abschnitte im Gutachten, welche die Felder, verursacht durch Standorte im Fürstentum mit den Feldern vergleichen, die von Anlagen im benachbarten Ausland erzeugt werden. Die Berechnungen zeigen, dass beispielsweise eine einseitige Verringerung der Immissionen der eigenen Standorte weitgehend unwirksam bleibt, da die Felder der Auslandsstandorte weiterhin wirksam sind. Ein Einhalten des "Salzburger Grenzwertes" ist offensichtlich auch aus diesem Grund durch rein nationale Maßnahmen nicht flächendeckend zu gewährleisten.

Aufschlussreich sind auch die Überlegungen zum Einbuchungsverhalten der Telefone. Wenn im Fürstentum nationale Funknetze betrieben werden sollen, ist es sicherlich sehr wünschenswert, dass sich die Telefone auch in diese Netze einbuchen und nicht in die der Nachbarländer. In einem eigenen Kapitel wird im Gutachten verdeutlicht, dass hierfür unter anderem sichergestellt werden muss, dass die nationalen Netze Empfangspegelwerte zur Verfügung stellen, die über denen der Nachbarländer liegen. Dies bedeutet, dass Konzepte, die zur Verringerung der Immission eigener Standorte führen (z.B. durch Verlagerung von Standorten in den Außenbereich) dafür sorgen, dass immer weniger ausländische Nutzer sich in die nationalen Netze einbuchen und stattdessen in ihren Heimatnetzen verbleiben. Im Extremfall könnte dies bedeuten, dass die nationalen Netze dadurch in ihrer Wirtschaftlichkeit erheblich beeinträchtigt werden könnten.

Alternativkonzept mit Standorten im Außenbereich

Das im Kapitel 4.4 des Gutachten vorgestellte Alternativkonzept mit Anlagenstandorten hauptsächlich im Außenbereich ist immer mit den oben bereits diskutierten Einschränkungen zu bewerten. Mit den angenommenen Standorten ist zwar prinzipiell eine Senkung der Immissionen in den Wohngebieten um den Faktor 3 bis 5 erzielbar, allerdings nur dann, wenn auch die Auslandsimmission um etwa den gleichen Betrag abgesenkt wird. Eine flächendeckende Einhaltung des "Salzburger Grenzwertes" ist auch mit diesem Konzept nicht zu erwarten. Weiterhin muss bei diesem Problem das oben erwähnte Einbuchungsverhalten der Telefone berücksichtigt werden. Anzumerken ist noch, dass tiefer gehende Untersuchungen zur Netzkapazität und -qualität (Interferenzanalyse) sowie zu den Besonderheiten einer UMTS-Versorgung im Rahmen dieser Alternativplanung nicht durchgeführt wurden.

Untersuchungen im Gebiet Steg - Malbun

An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass die "Eichung" des Berechnungsprogramms für diese Region nur mittels dreier Messpunkte erfolgte. Allerdings erscheinen dennoch die wesentlichen für diese Region getroffenen Aussagen plausibel:

In Teilbereichen von Malbun werden durch den derzeit dort vorhandenen Standort überdurchschnittliche hohe Immissionen verursacht. Eigene Messungen in diesem Gebiet zeigten dies bereits im Jahr 2001. Die Einhaltung der Anlagegrenzwerte kann allerdings an den OMEN noch sichergestellt werden, wie sich durch Messungen im Jahr 2004 herausstellte. Die im weiteren durchgeführten Untersuchungen mit Alterna-

tivstandorten in höher gelegenen Regionen des Berggebietes zeigen eine erhebliche Verbesserung der Immissionssituation insbesondere in Malbun auf. Eine Einhaltung des "Salzburger Grenzwertes" erscheint zumindest in großen Teilen der Siedlungsgebiete möglich. Aufgrund der offensichtlich noch vorhandenen offenen Fragen bezüglich der Zuverlässigkeit des Berechnungstools bei Darstellung absoluter Feldstärken, sollten die hier angegebenen absoluten Immissionswerte allerdings noch etwas vorsichtig bewertet werden.

Untersuchungen eines Niedrigleistungsszenarios im Gebiet Steg - Malbun

In einem letzten Abschnitt wurde untersucht, ob im Bereich Steg - Malbun die Möglichkeit besteht, eine Mobilfunkversorgung mit hinreichender Qualität (Indoor-Versorgung) zu gewährleisten und gleichzeitig in den bewohnten Gebieten mit mehr als 95 Prozent Wahrscheinlichkeit Immissionen von weniger als 0,02 Volt/m sicherzustellen. Die Berechnungen wurden unter Annahme realistischer Feldstärkepegel für eine zuverlässige Indoorversorgung durchgeführt (-75 dBm). Die Ergebnisse zeigen, dass für beide untersuchten Szenarien in den Bereichen, in denen der Immissionswert von 0,02 Volt/m unterschritten wird, die Versorgung nicht mehr sichergestellt ist und andererseits überall dort, wo Versorgung herrscht, auch eine Überschreitung der 0,02 Volt/m auftritt. Auch außerhalb der Gebäude ist mit größeren Abdeckungslücken zu rechnen.

Dieses Beispiel verdeutlicht sehr anschaulich, dass der hier betrachtete Grenzwert mit einer funktionierenden Mobilfunkversorgung nicht vereinbart werden kann. Der Grund, warum dennoch immer wieder in verschiedenen Veröffentlichungen unterstellt wird, dass eine Mobilfunkversorgung auch unter Einhaltung eines Grenzwertes von $1 \mu\text{Watt/m}^2$ (0,02 Volt/m) möglich ist, liegt in einigen unzulässigen Vereinfachungen begründet, die auch im vorliegenden Gutachten ausführlich dargestellt werden: Würde man ungestörte, interferenzfreie Freiraumausbreitung annehmen, wäre in der Tat eine Mobilfunkversorgung unter Einhaltung niedrigerer Feldstärkewerte realisierbar. In der Praxis treten jedoch Effekte auf, die im Rahmen der Netzplanung durch geeignete Aufschlagsfaktoren berücksichtigt werden müssen, um wirklich die Felder zu generieren, die in realen Umfeld für eine ausreichende Indoor-Versorgung notwendig sind. Berücksichtigt werden muss beispielsweise ein Aufschlagsfaktor, der die immer vorhandenen kleinräumigen Signalschwankungen ("fast fading") berücksichtigt (typ. 15 dB), außerdem muss die Gebäudedämpfung überwunden werden (typ. 20 dB), um Indoorversorgung sicherzustellen. Allein diese beiden Ursachen führen zu einem Aufschlagsfaktor von 30 bis 35 dB, also mehr als den Faktor 1000, um den beispielsweise die Sendeleistung einer Station zu vergrößern ist, wenn man statt idealen Bedingungen mit der realen Umwelt rechnet.

Abschließend wird im Gutachten noch auf den Immissionsanteil, verursacht durch Mobiltelefone eingegangen. Die Simulation zeigen, dass bereits wenige in Malbun gleichzeitig betriebene Mobiltelefone zu einer flächenhaften Überschreitung des Immissionswertes von 0,02 Volt/m führen können. Abschließend wird richtigerweise noch darauf hingewiesen, dass die Immissionssituation in Steg - Malbun nicht ausschließlich durch die Betrachtung des Mobilfunks erfasst wird, sondern auch der UKW- und der Polizeifunk Immissionen erzeugen, die zumindest bei einer Bewertung mit dem niedrigen Grenzwert von 0,02 Volt/m nicht mehr vernachlässigbar sind.

Zusammenfassende technische Bewertung

Am Ende ihres Gutachtens (Kapitel 7) fassen die Autoren die wesentlichen Ergebnisse ihrer Untersuchungen bzw. die daraus resultierenden Empfehlungen nochmals in kurzer, prägnanter Form zusammen. Sie geben die Einzelergebnisse der Teilkapitel nochmals kurz und gut verständlich wieder.

Nach meinem Dafürhalten sind die gefundenen Ergebnisse im wesentlichen plausibel, auch wenn es in einigen Bereichen noch wissenschaftlichen Diskussionsbedarf insbesondere bei der Absolutkalibrierung und der Zuverlässigkeit des Berechnungstools gibt. Im schlimmsten Fall wurden durch eine unzuverlässige Absolutkalibration bzw. eine nicht ausreichende Parametrisierung des Berechnungstools die Immissionswerte regelmäßig zu niedrig prognostiziert, was sich allerdings auf die Ergebnisse der durchgeführten vergleichenden Untersuchungen von Alternativszenarien weniger kritisch auswirkt. Auch die getroffenen Aussagen bezüglich der Einhaltung von Grenzwerten unterhalb der im Fürstentum verbindlichen Anlagegrenzwerte (z.B. die "Salzburger Grenzwerte") würden dadurch in der Realität höchstens noch negativer ausfallen, als im vorliegenden Gutachten dokumentiert.

Daher kann dem Fazit der Gutachter zugestimmt werden:

- Eine Senkung der nationalen Grenzwerte auf ein niedrigeres Niveau als bisher angewendet, erscheint nicht sinnvoll.
- Falls für das Gebiet Steg - Malbun eine Sonderlösung angestrebt werden sollte, sind geeignete Alternativen denkbar. Allerdings ist hierbei immer die Gesamtmission (Mobilfunk + sonstige Funksender) zu betrachten.

Abschließend sei angemerkt, dass das vorliegende Gutachten aufgrund seines Umfangs, der vielen Fachbegriffe und auch der zu Grunde liegenden komplexen Zusammenhänge für die breite Öffentlichkeit nur eingeschränkt geeignet ist. Eine angemessene Information der Bürger Liechtensteins könnte beispielsweise durch die Erstellung einer Kurzfassung mit anschaulichen Darstellungen der wesentlichen Untersuchungsergebnisse erreicht werden.

Regensburg, 21.10.2005

Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek

[1] **Chr. Bornkessel und M. Schubert**, *Entwicklung von Mess- und Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder in der Umgebung von Mobilfunk Basisstationen*, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz, Abschlussbericht, Kamp-Lintfort, (2005).