



REGIERUNG DES FÜRSTENTUMS LIECHTENSTEIN

**INFORMATION
DER REGIERUNG
AN DEN
LANDTAG DES FÜRSTENTUMS LIECHTENSTEIN
ZUR KENNTNISNAME DER
GRUNDSATZERKLÄRUNG VOM 24. AUGUST 2004
ZUR NATIONALEN KOMMUNIKATIONSPOLITIK IM
BEREICH DER MOBILFUNK-TELEFONIE
(Konsolidierung und Wettbewerbsfähigkeit)**

Nr. 55/2004

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Zusammenfassung.....	2
Zuständiges Ressort	2
Betroffene Amtstellen	2
I. Bericht der Regierung	3
1. Ausgangslage.....	3
2. Entwicklungen im liechtensteinischen Mobilfunkbereich.....	5
3. Politische Zielsetzungen der Regierung	9
4. Massnahmen der Regierung	14
5. Ausblick.....	19
II. Antrag der Regierung.....	20
Beilage:	
– Grundlagen zum Mobilfunk	

ZUSAMMENFASSUNG

Mit dieser Information bringt die Regierung die vorliegende Grundsatzerklärung zur nationalen Telekommunikationspolitik (nachstehend mit "Grundsatzklärung" abgekürzt) im Bereich der Mobilfunk-Telefonie dem Landtag zur Kenntnis. Diese Grundsatzklärung steht in engem Zusammenhang und in Ergänzung zur Grundsatzklärung vom 2. Oktober 2002 zur nationalen Telekommunikationspolitik im Bereich der Festnetz-Telefonie. Mit vorliegender Grundsatzklärung werden folgende Zielsetzungen verfolgt:

- *Die Grundsatzklärung soll den Marktteilnehmern, Marktbetreibern und den Investoren die Richtungen aufzeigen, welche die Regierung im Mobilfunk-Bereich zukünftig verfolgen wird.*
- *Die Grundsatzklärung soll sowohl für die Bürger und Bürgerinnen als auch für die liechtensteinische Wirtschaft eine Orientierungshilfe darstellen.*

Die Regierung entspricht mit dieser politischen Grundsatzklärung ihrer Aufgabe, eine nachhaltige Telekommunikationspolitik festzulegen und durchzuführen. Sie versteht diese Aufgabe vor allem darin, den auf dem liechtensteinischen Telekommunikationsmarkt tätigen Unternehmen stabile, verlässliche und transparente Rahmenbedingungen zu verschaffen, um diesen einen möglichst grossen unternehmerischen Erfolg im Interesse der liechtensteinischen Konsumenten zu ermöglichen.

ZUSTÄNDIGES RESSORT

Ressort Verkehr und Kommunikation

BETROFFENE AMTSSTELLEN

Amt für Kommunikation

Vaduz, 24. August 2004

P

Sehr geehrter Herr Landtagspräsident,
Sehr geehrte Frauen und Herren Abgeordnete

Die Regierung gestattet sich, dem Hohen Landtag nachstehende Information betreffend die Grundsatzklärung vom 24. August 2004 zur nationalen Telekommunikationspolitik im Bereich der Mobilfunk-Telefonie (Konsolidierung und Wettbewerbsfähigkeit) zur Kenntnis zu bringen.

I. BERICHT DER REGIERUNG

1. AUSGANGSLAGE

Die nun vorliegende Grundsatzklärung der Regierung des Fürstentums Liechtenstein zur nationalen Telekommunikationspolitik im Bereich der Mobilfunk-Telefonie (nachstehend mit „Grundsatzklärung“ abgekürzt) steht in engem Zusammenhang mit der Information der Regierung zur Kenntnisnahme der Grundsatzklärung vom 2. Oktober 2002 zur nationalen Telekommunikationspolitik im Bereich der Festnetz-Telefonie und ersetzt die Grundsatzklärung der Regierung vom 13. Juli 1999 [RA 1999/1934-3810] in diesem gegenständlichen Bereich. Zweck und Nutzen dieser Grundsatzklärung sind dabei die folgenden:

- Die Grundsatzklärung soll den Marktteilnehmern, Marktbetreibern und den Investoren die Richtungen aufzeigen, welche die Regierung im Mobilfunk-Bereich zukünftig verfolgen wird.
- Die Grundsatzklärung soll sowohl für die Bürger und Bürgerinnen als auch für die liechtensteinische Wirtschaft eine Orientierungshilfe darstellen.

Nach der Herausgabe dieser Grundsatzklärung und einer Diskussion in der Öffentlichkeit, unter Einschluss einer parlamentarischen Kenntnisnahme durch den Landtag, soll diese Grundsatzklärung auf Gesetzes- und Verordnungsstufe umgesetzt werden. Dabei wird mit dieser Grundsatzklärung insbesondere folgenden Aspekten Rechnung getragen:

- Den Erfahrungen im liechtensteinischen Mobilkommunikationsmarkt in der Vergangenheit;
- Den internationalen Entwicklungen der letzten Jahre, seien sie technischer, politischer, umweltpolitischer, gesundheitlicher, regulatorischer oder kommerzieller Natur;
- Der Überzeugung der Regierung, dass der Staat in einem wachsenden und von hoher Wettbewerbsdynamik geprägten Markt jene Aufgaben wahrnehmen muss, welche zur langfristigen Sicherstellung der Versorgung mit Mobilkommunikation und zur Aufrechterhaltung moderner Dienste notwendig sind;
- Den Bestrebungen der Regierung, dass in Liechtenstein konzessionierte Mobilfunkbetreiber gleichwertige Leistungsangebote anbieten, wie sie diese in anderen Märkten erbringen;
- Den Bestrebungen der Regierung, dass in besiedelten Gebieten im Land eine ausreichende, flächendeckende Versorgung sichergestellt wird;
- Der Überzeugung der Regierung, dass der Wettbewerb im Mobilfunkbereich gemäss den Vorgaben des EWR-Rechts nicht behindert werden soll;

die Frage, welche Angebote und Dienstleistungen sich durchsetzen, wird dem Markt und dem Wettbewerb und damit der Wahl des Kunden überlassen;

- Der Berücksichtigung wissenschaftlicher Forschung und Erkenntnisse von potenziellen oder konkreten gesundheitlich relevanten Einflüssen der Mobilkommunikation bei der Festsetzung von Grenzwerten;
- Der Anerkennung einer unabhängigen Aufsichts- und Regulierungsbehörde zum Zweck der Marktaufsicht;
- Der angemessenen Berücksichtigung der Grössenverhältnisse des Landes Liechtenstein bei der künftigen Schaffung von Rahmenbedingungen und bei der Umsetzung von Richtlinien;
- Der Position der Regierung, sich vor künftigen Anforderungen und Entwicklungen im Mobilkommunikationsmarkt nicht zu verschliessen.

Diesen Gesichtspunkten entsprechend hat die Regierung in den letzten Monaten eine Analyse des liechtensteinischen Mobilkommunikationsmarktes durchgeführt. Die Regierung hat dabei die verschiedenen Marktteilnehmer zu Konsultationen und Stellungnahmen eingeladen. Abgeleitet aus diesen Ergebnissen ergeben sich die Zielsetzungen der Regierung, welche mit dieser Grundsatzerklärung zur liechtensteinischen Telekommunikationspolitik im Bereich der Mobilfunk-Telefonie umgesetzt werden sollen.

2. ENTWICKLUNGEN IM LIECHTENSTEINISCHEN MOBILFUNK- BEREICH

Die schweizerische PTT Telecom errichtete und betrieb in der Vergangenheit das Mobilnetz im Land und zwar als Erweiterung des jeweiligen schweizerischen Natel C- und Natel D-Netzes, womit dieses dazumal in das Netz der PTT Telecom sowohl physisch wie auch logistisch integriert wurde. Damals waren vier Basis-

stationen auf liechtensteinischem Staatsgebiet erstellt worden. Die Versorgung des rheintalseitigen, liechtensteinischen Staatsgebietes erfolgte zu einem guten Teil über bestehende Sendestandorte in der benachbarten Schweiz, wodurch eine Abdeckung von etwa 90 Prozent des Siedlungsgebietes erreicht wurde.

Liechtenstein ist durch die Genehmigungsrichtlinie der EU (RL 97/13/EG), die über den EWR-Acquis auch im Land Anwendung findet, dazu verpflichtet, die verfügbaren Frequenzen durch die Erteilung von Konzessionen auszunützen. Dies bedeutet, dass die Frequenzen auf eine möglichst sinnvolle Anzahl von Bewerbern in Liechtenstein aufzuteilen sind. Die verfügbaren Frequenzen für öffentliche Mobilfunkdienste bieten Raum für vier Betreiber. Um einen wirksamen Wettbewerb auf dem heimischen Mobilkommunikationsmarkt zu ermöglichen, hat die Regierung das Frequenzspektrum vollständig genutzt und die maximal mögliche Anzahl von vier Konzessionen für die Errichtung und den Betrieb von Mobilkommunikationsnetzen und zur Erbringung von entsprechenden Dienstleistungen im Jahre 2000 vergeben. Dabei blieb es im Rahmen des Ausschreibungsverfahrens den Unternehmen selbst überlassen, die Wirtschaftlichkeit des Betriebs eines eigenständigen Mobilfunknetzes in Liechtenstein anhand eigener Kriterien zu beurteilen. Die Regierung nahm diesbezüglich lediglich eine summarische Prüfung vor.

Folgendes Unternehmen wurde von der Regierung eine Mobilfunkkonzession erteilt: Mobilkom (Liechtenstein) AG, Tele2 AG und VIAG EuroPlattform AG. Zur Wahrung der Kontinuität erhielt die Telecom FL AG ausserhalb des Ausschreibungsverfahrens ebenfalls eine weitgehend identische Mobilkonzession. Somit standen dem liechtensteinischen Kunden vier Anbieter zur Verfügung. Im Jahr 2002 hat Orange (Schweiz) SA die VIAG EuroPlattform AG als eigenständige Tochtergesellschaft übernommen und in Orange (Liechtenstein) AG umbenannt. Im Fall der Telecom FL AG wurde im Zuge der Übernahme des Unter-

nehmens durch die LTN Liechtenstein Telenet AG die bestehende Konzession an die Swisscom Mobile AG übertragen.

Die vier Konzessionen sind mit einer Option auf UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) ausgestattet. Dies bedeutet, dass jeder der vier GSM-Konzessionsinhaber das Anrecht auf eine UMTS-Konzession hat, wenn er die dazumal formulierten Rahmenbedingungen erfüllt. Die wichtigste Rahmenbedingung ist dabei, dass sämtliche Hauptelemente einer UMTS-Vermittlungszentrale (Core-Network) im Land aufgebaut werden müssen. Ursprünglich verfolgte die Regierung damit die Zielsetzung, entsprechendes Know-how in Liechtenstein anzusiedeln und eine Plattform für einen Testmarkt für künftige Mobilfunkdienste zu schaffen. Zwei von vier Mobilfunkoperatoren haben die UMTS-Option angenommen und haben eine entsprechende UMTS-Konzession erhalten. Ein Betreiber verzichtete auf die UMTS-Konzession, weil die Rahmenbedingungen für ihn keine wirtschaftliche Grundlage darstellten. Der vierte Mobiloperator ist derzeit in Verhandlung mit der Regierung über die Erteilung einer UMTS-Konzession. Die Verpflichtung, dass sämtliche Hauptelemente eines UMTS-Netzes in Liechtenstein aufgebaut werden müssen, wird durch die Mobiloperatoren als fraglich angesehen, da der Markt in Liechtenstein sehr klein und wirtschaftlich schwierig ist. Der Aufwand für den Betrieb und Unterhalt eines UMTS-Netzes unter den derzeitigen Rahmenbedingungen steht gemäss Aussage von Mobiloperatoren in keinem Verhältnis zu den zu erwartenden Erträgen. Darüber hinaus müssen im UMTS-Bereich derzeit noch verschiedene technische Probleme gelöst werden.

Die Vergangenheit hat auch gezeigt, dass es aufgrund der Kleinheit und des beschränkten liechtensteinischen Marktes auch bei den GSM-Netzen fragwürdig ist, eine vollständige Infrastruktur im Land zu betreiben. Aus diesem Grund wurde von verschiedenen Operatoren in der Vergangenheit mehrfach gefordert, die entsprechenden Rahmenbedingungen und Auflagen in den Konzessionen zu überprüfen und gegebenenfalls zu ändern. So wurde u.a. argumentiert, dass eine separate

Versorgung eines kleinen Landes wie Liechtenstein betriebswirtschaftlich nicht tragbar sei. Weiters wurde betont, dass die Implementierung von liechtensteinischen Identifikationsmitteln (internationale Vorwahl, Netzwerk-Codes, Identifikationsmerkmale usw.) einen grossen Mehraufwand für die Operatoren mit sich bringen würde.

Andererseits gibt es in Liechtenstein Anbieter, welche dieser Argumentation keine Folge geleistet haben. Sie argumentierten ihrerseits dahingehend, dass die wirtschaftliche Grundlage im Land durchwegs vorhanden sei, deshalb habe man auch in Liechtenstein Beträge in Millionenhöhe investiert. Sie sprechen sich dezidiert für die Beibehaltung der derzeitigen Rahmenbedingungen aus. Einer der Hauptdiskussionspunkte zwischen den verschiedenen Anbietern ist insbesondere die Frage, ob ein ausländischer Netzcode (MCC = Mobile Country Code) auf der Luftschnittstelle auf dem Gebiet des Fürstentums Liechtenstein ausgesendet werden dürfe oder nicht bzw. ob der liechtensteinische Mobile Country Code (MCC 295 xx) verpflichtend an der Luftschnittstelle zu implementieren sei oder nicht. Diesbezüglich wird von einem Teil der Anbieter argumentiert, dass es nach betriebswirtschaftlichen Aspekten nicht sinnvoll sei, auf der gleichen Vermittlungsanlage zwei MCC zu implementieren, da dies bedinge, dass zwei separate Software-Lösungen aufgebaut werden müssen. Darüber hinaus gäbe es in einem einheitlichen Wirtschaftsraum, wie z.B. zwischen der Schweiz und Liechtenstein, aufgrund der verschiedenen Software-Lösungen ein unterschiedliches Produkt- und Dienstleistungsangebot für die beiden Länder.

Die von der Regierung durchgeführten Konsultationen führten auch zum Ergebnis, dass nicht nur jene Operatoren, die in Liechtenstein eine eigenständige Infrastruktur betreiben, die Meinung vertreten, dass die Beibehaltung des liechtensteinischen MCC von grosser Bedeutung sei, sondern dass dies auch den internationalen ITU-Richtlinien entsprechen würde. In diesem Fall würden die Roaming-Gespräche über ein liechtensteinisches Netz abgewickelt, was ein erhebliches

Einnahmepotenzial für die einzelnen Betreiber darstelle. Würde man hingegen ausländische MCC zulassen, so würde den aus Liechtenstein operierenden Betreibern eine enorme Einnahmequelle genommen, da die Gespräche über ausländische Netze abgewickelt würden.

Aufgrund der unterschiedlichen Meinungen und Argumentationen bedarf es einer abschliessenden Regelung, welche für alle Anbieter Gültigkeit besitzt. Dies gilt sowohl für die GSM-Netze als auch für die UMTS-Netze. Hierzu soll die vorliegende Grundsatzerklärung einen Beitrag leisten. Die Regierung ist sich bewusst, dass die zukünftige Ausgestaltung des liechtensteinischen Mobilkommunikationsmarktes eine grosse Herausforderung darstellt, da eine ausgewogene Lösung gesucht werden muss, welche die Bedürfnisse aller Anspruchsgruppen (u.a. Anforderungen der Mobiloperatoren, Kommunikationsbedürfnisse von Privaten und der Wirtschaft, Forderungen von Interessensvertretern sowie Gesundheitsschutz) berücksichtigt.

3. POLITISCHE ZIELSETZUNGEN DER REGIERUNG

3.1 Überblick

Die Ausrichtung der liechtensteinischen Telekommunikationspolitik im Bereich der Mobilfunk-Telefonie ist für die Bevölkerung, die Wirtschaft und für die Operatoren von grosser Bedeutung. Die Regierung hat deshalb entsprechende Zielsetzungen in Form der vorliegenden Grundsatzerklärung formuliert. Die Grundsatzerklärung wird dabei vom Grundgedanken getragen, dass sowohl die heimische Wirtschaft (Dienstleistungssektor, Industrie, Gewerbe) als auch die Bevölkerung grundsätzlich den Mobilfunk befürworten und intensiv nutzen (ca. 24'500 Mobilfunktelefone in Liechtenstein - Stand April 2004). Einerseits ist eine gesicherte Kommunikationsplattform Grundlage einer funktionierenden und prosperierenden

Wirtschaft. Hierzu gehören sowohl der Bereich der Festnetz-Telefonie als auch der Bereich der Mobilfunk-Telefonie. Andererseits besitzt die Bevölkerung heute ein stark verändertes Kommunikationsbedürfnis, welches sich im Umgang mit neuen Technologien zeigt. Traditionelle Kommunikationsformen und Kommunikationsinstrumente werden immer häufiger durch mobile Kommunikation und die damit eingeführten Dienstleistungen (SMS, MMS etc.) ersetzt.

Darum ist es erklärtes Ziel der Regierung, die Rahmenbedingungen so zu definieren, dass die nationale und internationale Grundversorgung mit mobiler Kommunikation langfristig sicher gestellt werden kann. Zu diesem Zweck soll ein wettbewerbsorientierter und attraktiver Mobilfunk-Markt gewährleistet werden. Die Regierung ist überzeugt, dass die Mechanismen der Markt- und Wettbewerbsfähigkeit die Verfügbarkeit neuer Produkte und Dienstleistungen fördern wird, wovon die liechtensteinischen Kunden in vollem Umfang profitieren werden.

3.2 Schaffung günstiger und attraktiver Wettbewerbsverhältnisse

Primäres Ziel der Regierung ist die Sicherstellung und Gewährleistung eines wettbewerbsorientierten und attraktiven Mobilfunk-Marktes unter Berücksichtigung international anerkannter Immissions-Grenzwerte. Dabei soll der nationale Mobilfunk-Markt als eigenständiger Markt erhalten bleiben. Regulierung soll in einem vernünftigen Mass unter Berücksichtigung aller relevanten EWR-Bestimmungen und immer unter dem Blickwinkel liechtensteinischer Grössenverhältnisse erfolgen. Der Wettbewerb soll dabei der grösste Regulator sein. Es ist erklärtes Ziel der Regierung, alle Marktteilnehmer in allen Auflagen und Rahmenbedingungen gleich zu behandeln. Der Staat tritt dabei nicht in einer aktiven Rolle als Subventionsgeber oder Sponsor am Markt auf. Welche Angebote und Dienstleistungen - und damit auch welche Unternehmen - sich durchsetzen, wird dem Markt und letztendlich der Wahl der Kunden überlassen.

3.3 Sicherung der Basisfunktionalität und der modernen Telekommunikationsdienstleistungen

Ziel der Telekommunikationspolitik im Bereich des Mobilfunks der Regierung ist es, künftig in Liechtenstein die Basisfunktionalität und moderne Telekommunikationsdienstleistungen sicher zu stellen. Dabei sollen die Betreiber von Mobilfunk-Anlagen das Land nicht als Testmarkt bearbeiten, sondern sie sollen funktionierende Mobilfunknetze mit modernen Dienstleistungen und Produkten zur Verfügung stellen. Die Regierung wird zu diesem Zweck die Rahmenbedingungen entsprechend ausgestalten. Insgesamt sollen möglichst adäquate und gleichwertige Dienstleistungen wie in den Nachbarstaaten zu vergleichbaren Preisen angeboten werden. Die Betreiber der Mobilfunk-Anlagen sollen dazu verpflichtet werden, dass durch die Basisversorgung und das Dienstleistungsangebot die besiedelten Gebiete des gesamten Staatsgebietes abgedeckt werden.

3.4 Nutzung der liechtensteinischen Ressourcen

Die Bedeutung einer eigenen Landeskennzahl als Zeichen der Autonomie und der Eigenständigkeit eines Landes ist weitgehend unbestritten. Aus diesem Grund bekennt sich die Regierung auch im Bereich der Mobilfunk-Telefonie nach wie vor zu einer internationalen eigenständigen Telekommunikations-Identität in Form der liechtensteinischen Landeskennzahl +423 und zu einer umfassenden und effizienten Verwaltung der damit verbundenen Identifikationsmittel (Nummerierungs-, Adressierungs- und Codierungsressourcen).

Die Regierung spricht sich deshalb für die Beibehaltung und Nutzung liechtensteinischer Ressourcen und damit für die Abwicklung des liechtensteinischen Telefonverkehrs über liechtensteinische Infrastrukturen aus. In der Praxis bedeutet dies, dass am liechtensteinischen Netzcode (MCC) festgehalten wird und dass

dieser nicht geöffnet wird. In der Frage einer Öffnung im Bereich der Basis-Infrastrukturen (Core-Network) kann es nach Ansicht der Regierung jedoch durchaus zu einer Anpassung der Rahmenbedingungen und Auflagen kommen, je nachdem wie die Anforderungen und Bedürfnisse der verschiedenen Anbieter sind. Diese sind im Einzelfall zu prüfen.

Die Probleme, welche mit der Einführung der neuen liechtensteinischen Landeskennzahl seit April 1999 aufgetreten sind, konnten noch nicht zur Gänze behoben werden und sind vielfältiger Natur (z.B. Nicht-Berücksichtigung der +423 bei ausländischen Netzbetreibern). Die Erreichbarkeit konnte jedoch dank intensiver Bemühungen stark verbessert werden. Immer noch auftretende Probleme betreffen insbesondere internationale Betreiber von Mobilfunk-Netzen und weniger die Festnetz-Betreiber. Aus diesem Grund ist es erklärtes Ziel der Regierung, die internationale Erreichbarkeit liechtensteinischer Kunden weiter zu verbessern, insbesondere durch einen weiteren Ausbau der Implementierung von +423 bei internationalen Carriern und Operatoren.

3.5 Festlegung von gesundheitsverträglichen Grenzwerten

Die Regierung legt grössten Wert darauf, dass die Aspekte der Gesundheitsverträglichkeit einer laufenden Prüfung unterzogen werden. Sie nimmt diese Argumente ernst. Gesundheitsverträgliche Grenzwerte müssen geschaffen und auch eingehalten werden. Die Regierung setzt dabei insbesondere aber auch auf die Eigenverantwortung der Mobilfunk-Benutzer. Der Grundsatz, dass Wirtschaft und Bevölkerung ein grundlegendes Bedürfnis an elektronischen Kommunikationsdienstleistungen und damit ein Recht auf mobile Kommunikation haben, geht nach Ansicht der Regierung mit einem hohen Mass an Eigenverantwortung einher. Die Regierung spricht sich in diesem Zusammenhang deshalb nicht für spezifische Auflagen gegenüber den Mobilfunk-Benutzern aus. Dies würde einen massiven Eingriff in die Handlungsfreiheit eines jeden Individuums bedeuten, was nicht

zuletzt auch einer liberalen Wirtschaftsordnung widerspräche. Hingegen unterstützt die Regierung die Bestrebungen von Interessensvertretern, gesundheitsverträgliche Grenzwerte umfassend zu diskutieren und diese entsprechend internationaler Normen und Abkommen festzulegen. Ziel der Regierung ist es dabei aber auch, Immissions-Grenzwerte mit den Nachbarstaaten zu harmonisieren, um die Funktionalität der liechtensteinischen Ressourcen gleichwertig zu betreiben und zu nutzen.

3.6 Offenheit für neue Technologien

Die technologische Entwicklung der letzten Jahre, insbesondere die Digitalisierung von Sprach- und Datenübertragungen sowie die Innovation durch das Internet, haben den Benutzern weltweit ebenso wie in Liechtenstein enorme Vorteile und Errungenschaften gebracht. Das Ausmass an Investitionen in den Hochtechnologiebereich Telekommunikation ist sprunghaft angestiegen. Es ist das Ziel der Regierung, Liechtenstein auch weiterhin an diesen Entwicklungen partizipieren zu lassen. Liechtenstein soll offen sein für neue Technologien und deren Fortentwicklung, auch im Mobilfunkbereich. Zu diesem Zweck setzt sich die Regierung für die Schaffung attraktiver Rahmenbedingungen ein.

3.7 Regulierung in vernünftigem Mass

Die Regierung verfolgt das Ziel einer unabhängigen und marktorientierten Aufsichtsbehörde. Regulierung soll dabei jedoch in vernünftigem Mass unter Berücksichtigung aller relevanten EWR-Bestimmungen und immer unter dem Blickwinkel der liechtensteinischen Grössenverhältnisse erfolgen. Die Regierung strebt lediglich so viel Regulierung im Markt an, als notwendig ist. Wettbewerb soll dabei der bedeutendste Regulator sein. Insgesamt sollen für die Marktteilnehmer attraktive Rahmenbedingungen geschaffen werden.

3.8 Koordination der Infrastrukturen

Die Regierung unterstützt grundsätzlich den Zugang zu neuen Technologien und die Förderung von Innovationen. Unter Berücksichtigung einer massvollen Anzahl von Mobilfunk-Antennenstandorten führte die Regierung ein verpflichtendes Standortkoordinationsverfahren ein. Es verpflichtet die Mobilfunkbetreiber, ihre Antennen auf einem gemeinsamen Standort (site sharing) aufzubauen. So konnten die ursprünglich geplanten 60 Sendestandorte auf 22 Mobilfunkstandorte reduziert werden. Es ist erklärtes Ziel der Regierung, dass auch zukünftig bestehende Infrastrukturen durch Optimierung zusammengefasst und neue Infrastrukturen gemeinsam und koordiniert errichtet werden.

4. MASSNAHMEN DER REGIERUNG

4.1 Definition grundsätzlicher Rahmenbedingungen

Es ist Absicht der Regierung, einen eigenständigen und wettbewerbsfähigen Mobilkommunikationsmarkt in Liechtenstein unter Berücksichtigung der technologischen Entwicklungen zu erhalten. Zu diesem Zweck definiert die Regierung nachfolgende Rahmenbedingungen, welche für die Ausgestaltung dieses Ziels verbindlich sind:

- Die Versorgung des Landes mit Dienstleistungen wird den verschiedenen Anbietern überlassen. Eine Grundversorgungskonzession analog derjenigen im Festnetz-Bereich wird nicht erteilt.
- Die Mobilfunk-Operatoren werden per Konzession (nach Einführung des neuen Rechtsrahmens per Verfügung oder Entscheidung) verpflichtet, die Versorgung der besiedelten Gebiete des Landes mit ihrem vollen Dienstleistungsangebot zu gewährleisten.

- Der lokale Markt wird für technologische Weiterentwicklungen (z.B. UMTS) offen bleiben.
- Die Telekommunikations-Identität in Form der liechtensteinischen Landeskennzahl +423 und die damit verbundenen Identifikationsmittel (Nummerierungs- und Adressierungsressourcen) werden aufrecht erhalten.
- Am liechtensteinischen Netzcode (MCC) wird festgehalten. Die Betreiber werden verpflichtet, den liechtensteinischen Mobile Country Code (MCC 295 xx) an der Luftschnittstelle zu implementieren.
- Im Infrastrukturbereich kann eine teilweise Öffnung (Core-Network) erfolgen. Die Anträge der Mobil-Operatoren werden im Einzelfall geprüft. Dies bedeutet, dass die Systemtechnik nicht zwangsweise im Land vorhanden sein muss.

4.2 Ressourcenmanagement

Für die Verwaltung, Verwendung und Vermarktung von Ressourcen werden folgende Rahmenbedingungen festgelegt:

- Die in Liechtenstein konzessionierten Mobilfunkbetreiber gewährleisten dem Endkunden durch den Fachhandel die Wahl liechtensteinischer Ressourcen.
- Ein in Liechtenstein konzessioniertes Unternehmen hat sein gesamtes Dienstleistungsangebot durch einen liechtensteinischen Fachhändler und/oder durch eine eigene Verkaufsstelle anzubieten.
- Abonnemente, Mutationen usw. sind durch einen liechtensteinischen Fachhändler und/oder durch eine eigene Verkaufsstelle anzubieten oder entgegen zu nehmen.
- Störungsmeldungen müssen zu Lokaltarifen entgegengenommen und behandelt werden.

- Abonnemente sind in Schweizer Franken in Rechnung zu stellen, die Rechnungsstellung kann aus dem benachbarten Ausland erfolgen. Jener auf liechtensteinische Umsätze anfallende Mehrwertsteuerbetrag fällt in Liechtenstein an.

4.3 Frequenzmanagement

Liechtenstein verfügt über eigene Ressourcen, die allen konzessionierten Unternehmen per Konzession oder Entscheidung gleichwertig zur Verfügung stehen. Liechtenstein verfügt allerdings noch nicht über das volle, ihm zur Verfügung stehende Frequenzspektrum. Dies hat zur Folge, dass zwischen der Schweiz und Liechtenstein ein spezielles Abkommen zur vorübergehenden Nutzung von schweizerischen Ressourcen zu Nicht-Vorzugsbedingungen gilt. Alle konzessionierten Betreiber sind grundsätzlich verpflichtet, nur diese von der liechtensteinischen Regulierungsbehörde zugewiesenen Ressourcen zu verwenden. Vorbehalten bleiben die schweizerischen Frequenzen zu Nicht-Vorzugsbedingungen.

4.4 Infrastrukturen

Im Sinne der Standort- und Infrastruktur-Koordination ist es aus volkswirtschaftlichen Überlegungen notwendig, dass die heute bestehende Infrastruktur im Bereich der Mobilfunkkommunikation dort, wo möglich, von den Marktteilnehmern gemeinsam genutzt wird und dass zukünftig auf den Aufbau doppelter Ressourcen und zusätzlicher Kapazitäten verzichtet wird. Konkret heisst dies, dass an der eingeführten Standortkoordination von Mobilfunk-Antennen festgehalten wird. In der Umsetzung bedeutet dies auch, dass die Marktteilnehmer im Mobilfunk-Bereich sich auf gemeinsame Antennenstandorte einigen. Die Regierung wird ausserdem die Standortfrage von Mobilfunkantennen mittelfristig neu überprüfen.

4.5 Regulierung

Regulierung wird in Liechtenstein in vernünftigen Mass unter Berücksichtigung der EWR-relevanten Vorgaben und immer unter dem Blickwinkel der liechtensteinischen Grössenverhältnisse erfolgen. Die Regierung hat bereits in ihrer Grundsatzerklärung vom 2. Oktober 2002 zur nationalen Telekommunikationspolitik im Bereich der Festnetz-Telefonie festgehalten, dass sie für die Marktteilnehmer attraktive Rahmenbedingungen schaffen möchte. Dies gilt auch für den Mobilfunk-Bereich. Dabei werden nur noch jene Bereiche reguliert, welche aufgrund gesetzlicher Vorgaben zwingend notwendig sind und in welchen faktisch auch ein Markt vorhanden ist. Der Regulator wird zudem pragmatische Richtlinien schaffen, bei welchen die Lösungsorientierung im Vordergrund steht, und die nicht zuletzt eine Vermittler-Funktion zwischen den Marktteilnehmern einnehmen.

4.6 Gesetzliche Grundlagen

Die Regierung wird den neuesten Entwicklungen im liechtensteinischen Markt der elektronischen Kommunikation Rechnung tragen und revidiert die gesetzlichen Grundlagen nach den Richtlinien des neuen Kommunikationspaketes des EWR in einem neuen Kommunikationsgesetz. Ziel der Regierung ist es, das neue Kommunikationsgesetz 2004 in die Vernehmlassung zu bringen.

Der neue Rechtsrahmen besteht aus mehreren Richtlinien und zielt auf die Konsolidierung von dynamischen und nutzerfreundlichen Marktverhältnissen im elektronischen Kommunikationsbereich, insbesondere im Telekommunikationsbereich (Fixnetz- und Mobilfunk-Telefonie, CATV-, Internet-, Radio- und TV-Bereich) im gesamten EWR ab.

4.7 Konzessionspraxis

Parallel zur Überarbeitung der gesetzlichen Grundlagen wird das Konzessionswesen zukünftig neu konzipiert werden. Die Regierung wird jedoch zukünftig hohen Wert darauf legen, dass die ausgestellten Konzessionen auch aktiv genutzt werden. Die sich aus der Konzession ergebenden Verpflichtungen im Hinblick auf die Wahrung der nationalen Interessen stehen dabei im völligen Einklang mit den anwendbaren Bestimmungen des EWR- und des Landesrechts. So werden die Anbieter explizit verpflichtet, dass die behördlichen Auflagen, z.B. im Bereich des rechtmässigen Abhörens, der Datenschutzbestimmungen, der Berichterstattung von Betriebsdaten, der Angaben zu Marktanalysen, der Einsichtsrechte sowie des Datenzugriffs, eingehalten werden. Die Regierung wird nicht zuletzt auch dafür besorgt sein, dass weitere Interessen des Landes gewahrt bleiben.

4.8 Präventionsarbeiten

Die Regierung hat am 21. November 2000 eine Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung ortsfester Sendeanlagen von Telekommunikationssystemen erlassen (LGBI. 2000 Nr. 231). Die liechtensteinische Regulierungsbehörde bewilligt und vollzieht nach Massstäben dieser Verordnung und aller relevanten gesetzlichen Grundlagen die Grenzwerte aller Mobilfunk-Sendeanlagen auf liechtensteinischem Staatsgebiet. Der liechtensteinischen Regulierungs- und Überwachungsbehörde stehen dabei modernste Messgeräte für Grenzwertmessungen und -überwachung zur Verfügung. Es bleibt an dieser Stelle zu erwähnen, dass durch die verpflichtende Standortkoordination die festgelegten Grenzwerte für einen Mobilfunkbetreiber auf 25% reduziert sind und somit für einen Mobilbetreiber im Vergleich zu den Nachbarstaaten wirtschaftlich schlechtere Bedingungen herrschen.

Die Regierung und die zuständigen Stellen der liechtensteinischen Landesverwaltung nehmen die Interessen der Mobilfunkbetreiber und die Befürchtungen verunsicherter Personenkreise gleichermassen ernst und versuchen, anhand wissenschaftlicher Forschungsergebnisse sowie sachlicher und wertneutraler Gutachten eine bestmögliche Lösung zu erzielen.

Die Regierung hat in diesem Zusammenhang einen neuen Gesetzesentwurf über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISG) mit der dazugehörigen Verordnung zum Gesetz über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) erarbeitet. Die Vernehmlassung für diesen Gesetzesentwurf ist abgeschlossen und wird derzeit von den zuständigen Regierungsressorts ausgewertet.

5. AUSBLICK

Die Regierung ist überzeugt, mit der vorliegenden Grundsatzklärung ein übergeordnetes Instrument geschaffen zu haben, durch welches die zukünftige Ausrichtung der liechtensteinischen Mobilfunk-Telefonie festgelegt wird. Diese Grundsatzklärung ist in Ergänzung zur Grundsatzklärung vom 2. Oktober 2002 zur nationalen Telekommunikationspolitik im Bereich der Festnetz-Telefonie zu sehen. Die Regierung entspricht mit dieser politischen Grundsatzklärung ihrer Aufgabe, eine nachhaltige Telekommunikationspolitik festzulegen und durchzuführen. Sie versteht diese Aufgabe vor allem darin, den auf dem liechtensteinischen Telekommunikationsmarkt tätigen Unternehmen stabile, verlässliche und transparente Rahmenbedingungen zu verschaffen, um diesen einen möglichst grossen unternehmerischen Erfolg im Interesse der liechtensteinischen Konsumenten zu ermöglichen. Je nach Entwicklungsfortschritt im Telekommunikationsbereich wird die Regierung dem Landtag erneut Bericht erstatten.

II. ANTRAG DER REGIERUNG

Aufgrund der vorstehenden Ausführungen unterbreitet die Regierung dem Landtag den

A n t r a g,

der Hohe Landtag wolle die vorliegende Information betreffend die Grundsatzklärung vom 24. August 2004 zur nationalen Telekommunikationspolitik im Bereich der Mobilfunk-Telefonie (Konsolidierung und Wettbewerbsfähigkeit) zur Kenntnis nehmen.

Genehmigen Sie, sehr geehrter Herr Landtagspräsident, sehr geehrte Frauen und Herren Abgeordnete, den Ausdruck der vorzüglichen Hochachtung.

**REGIERUNG DES
FUERSTENTUMS LIECHTENSTEIN**

GRUNDLAGEN ZUM MOBILFUNK

	Seite
1. Einleitung	2
2. Grundlagen des Mobilfunks in Liechtenstein	2
2.1 Mobilfunk in Liechtenstein im Vergleich mit Europa	2
2.2 Internationale Abkommen	3
3. Funktionsweise Mobilfunk	5
3.1 Physikalische Grundlagen	5
3.2 Funktion der mobilen Kommunikation	7
3.3 Mobilfunkantennen	11
3.4 Strahlungsmessungen in Liechtenstein	14
3.5 Wie und wie stark strahlen Mobiltelefone und Basisstationen?	14
3.6 Roaming	16
4. Gesundheitliche Aspekte	17
4.1 Ist die Strahlung von Basisstationen und Mobiltelefonen gesundheitsschädlich?	17
4.2 Kann die Strahlung von Mobiltelefonen Krebs verursachen?	17
4.3 Verursacht Mobilfunkstrahlung Kopfweg und Schlafstörungen?	18
4.4 Beeinflusst Mobilfunkstrahlung Hörgeräte?	18
4.5 Wie wirkt sich Mobilfunkstrahlung auf Herzschrittmacher aus?	18
4.6 Kann Mobilfunkstrahlung im Krankenhaus und im Flugzeug stören?	18
4.7 Ist es gefährlich, im Auto zu telefonieren?	19
4.8 Gibt es Grenzwerte für die Mobilfunkstrahlung?	19
4.9 Die wichtigsten biologischen und gesundheitlichen Effekte	23
5. Verwandte Systeme	30
5.1 Funkanwendungen mit ISM-Frequenzen	30
5.2 Anwendungen	30
5.3 DECT - Digitales schnurloses Telefonsystem	31
5.4 "Elektrosmog"-Aspekte	31
5.5 Bluetooth - Eine drahtlose Datenschnittstelle	31
5.6 Polycom (Sicherheitsfunksystem)	32
5.7 Der Mikrowellenherd	32
5.8 Radaranlagen	34
6. Zusammenfassung	35

1. EINLEITUNG

Nicht nur in Liechtenstein, sondern weltweit wird die Technologie der mobilen Kommunikation intensiv und teils auch emotional diskutiert. Die vorliegende Information soll die verschiedenen Aspekte der mobilen Kommunikation beleuchten und in sachlicher Abfolge über verschiedene Themen im Bereich der mobilen Kommunikation informieren. Die dargelegten Informationen basieren auf dem aktuellen Stand der Wissenschaft sowie der angewandten Technologie.

Diese Technologie ist sehr anspruchsvoll und äusserst komplex. Die vorliegende Information soll die interessierte Leserschaft vereinfacht aber dennoch zutreffend und umfassend über die Thematik der mobilen Kommunikation informieren. ‚Umfassend‘ ist dahingehend zu verstehen, dass nicht nur einzelne Komponenten, sondern die Gesamtfunktionalität zu betrachten sind. In der Diskussion hochfrequenter Strahlung dürfen nämlich nicht einzelne Komponenten der Mobilfunkkommunikation isoliert betrachtet werden. Die Funktionalität ist ein komplexer Bereich mit zahlreichen abhängigen Funktionsweisen. Die Funktionalität der Mobilkommunikation ist daher als Gesamtpaket zu betrachten und allfällige Massnahmen sind darauf auszurichten. Dieses Gesamtpaket beinhaltet gesundheitsverträgliche Aspekte, Grenzwerte, internationale Abkommen und Abhängigkeiten speziell mit Nachbarstaaten, die Funktionalität der Mobilfunktechnologie samt Mobilfunkmasten und Antennen, die Arbeitsweise des individuellen Handys und betriebswirtschaftliche Aspekte für Betreiber und Anwender.

2. GRUNDLAGEN DES MOBILFUNKS IN LIECHTENSTEIN

Aufgrund gesetzlicher Bestimmungen und basierend auf umzusetzenden EU-Richtlinien (Genehmigungsrichtlinie), war Liechtenstein 1999 verpflichtet, einen wirksamen Wettbewerb für Mobildienste zu schaffen. Die für Liechtenstein verfügbaren Frequenzen boten Raum für vier Mobilfunkbetreiber. In der Folge wurden damals vier Mobilfunkbetreiber durch die liechtensteinische Regierung mit dem Ziel konzessioniert, der liechtensteinischen Bevölkerung einen liberalen Markt zu bieten. Durch günstige, lokale Wettbewerbsverhältnisse erhofft sich die Regierung damals neue Arbeitsplätze und vorteilhafte Wettbewerbsverhältnisse für die Bevölkerung.

In der Folge erhielten die Mobilkom (Liechtenstein) AG, die Tele2 AG, die Telekom FL (ab 09/2003 Swisscom Mobile AG) und die VIAG EuroPlattform AG (ab 2003 Orange (Liechtenstein)) eine Mobilfunk-Konzession durch die liechtensteinische Konzessionsbehörde, die Regierung des Fürstentums Liechtenstein.

2.1 Mobilfunk in Liechtenstein im Vergleich mit Europa

In Liechtenstein benutzen zirka 70 Prozent der Bevölkerung oder rund 24'500 Abonnenten (Stand: Januar 2004) die Dienste der Mobilfunk-Betreiber. Diese prozentuale Nutzung spiegelt sich proportional im Bereich der europäischen Nutzung.

Die europäische Gesellschaft erwirtschaftet durch die Mobilkommunikation ein Nettovolumen von ca. 105 Milliarden € oder einem Prozent des nationalen Bruttonationalprodukts mit ca. 500'000 direkten und 2,5 Millionen indirekten Arbeitsplätzen innerhalb der Europäischen Union.

Am 20. und 21. Januar 2004 fand in Brüssel eine Eröffnungskonferenz statt, an der Fachleute aus ganz Europa Informationen und Meinungen zum Beitrag und den Wirkungen der Mobilkommunikation auf Gesundheit, Sicherheit, Umwelt und Gesellschaft in Europa austauschen konnten. An der *Konferenz über Mobilkommunikation: Gesundheit, Umwelt und Gesellschaft* nahmen mehr als 250 Teilnehmer aus 23 europäischen Ländern teil. Darunter Vertreter der Regierungen der Mitgliedsländer der Europäischen Union, Vertreter internationaler staatlicher und nichtstaatlicher Organisationen, Regulierungsbehörden und Vertreter der Europäischen Kommission sowie Wissenschaftler, Betreiber von Mobilkommunikationsnetzen und Anlagenhersteller.

Jüngste Berichte bestätigen frühere Ergebnisse fachlicher Prüfungen, gemäss welchen es nach medizinischem Forschungsstand bis heute keine reproduzierbaren, eindeutigen Beweise für gesundheitliche Risiken gibt, die durch HF EMF3-Exposition (hochfrequente elektromagnetische Felder) in einer unterhalb der von internationalen Normungsorganisationen festgelegten Stärke ausgelöst wurden.

2.2 Internationale Abkommen

Im Jahre 1982 begann die Entwicklung eines paneuropäischen Standards für digitalen, zellularen Mobilfunk durch die *Groupe Spécial Mobile* der CEPT (*Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications*). Nach der Gründung des europäischen Normungsinstitutes ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*) wurden die technischen Standards für den Mobilfunk entwickelt. Die Standards, die entwickelt wurden, haben zum Ziel, möglichst in vielen Ländern Mobilfunk unter den gleichen technischen Bedingungen zu erreichen. Dadurch kann gewährleistet werden, dass Endbenutzer von Mobilfunkgeräten ihre Geräte in vielen Ländern benutzen können. Der ETSI-Standard zum Mobilfunk umfasst viele technische Spezifikationen - wie insbesondere Mindestfeldstärken von Mobilfunknetzen -, die unter Einhaltung der WHO-Grenzwerte eine gute flächendeckende Versorgung garantieren. Liechtenstein ist Mitglied der Organisation CEPT und orientiert sich am ETSI-Standard für Mobilfunk. Diese ETSI-Standards sind Bestandteil der GSM-Konzessionen in Liechtenstein, damit auch hier eine flächendeckende, gute Versorgung für Mobilnetz-Benutzer garantiert werden kann. So kann der Mobilfunkkunde eine lückenlose und grenzüberschreitende Versorgung nutzen. Mit dem multilateralen ‚Wiener Abkommen‘ zwischen den Regulierungsbehörden wurden die technischen Vorgaben des ETSI-Standards konkretisiert und insbesondere frequenztechnische Abstimmungen sowie Störfeldstärken festgelegt. Diese Vorgaben wurden im Rahmen des ‚Wiener Abkommens‘ von den Regulierungsbehörden übernommen und dem Mobilnetzbetreiber in den Konzessionen auferlegt. Diese feinen Abstimmungen und Auflagen für den Mobilnetzbetreiber garantieren dem Endbenutzer ein qualitativ gutes und einheitliches Mobilnetz im In- und Ausland. Abweichungen von oder Einschränkungen dieser technischen Vorgaben, die durch den ETSI-Standard

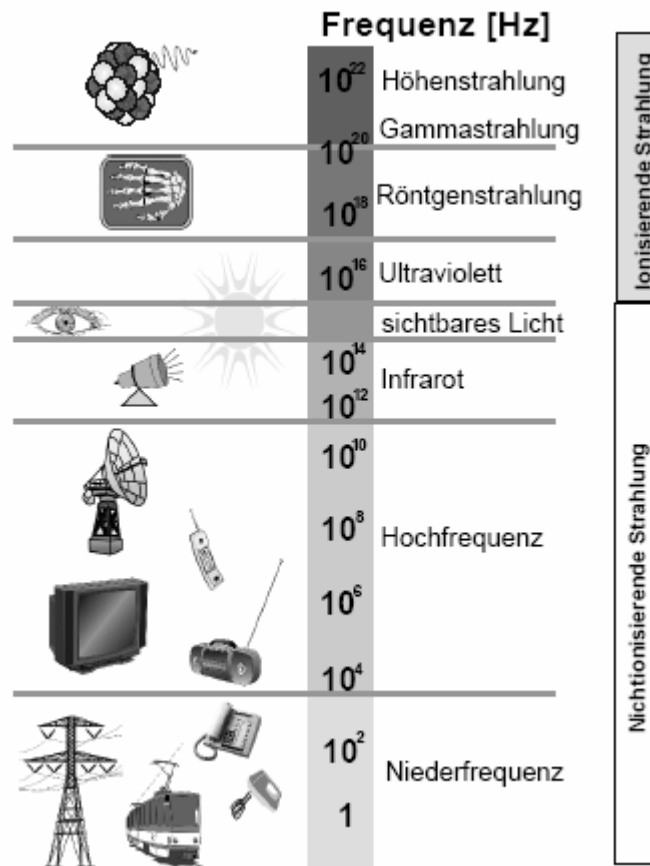
respektive das ‚Wiener Abkommen‘ festgelegt sind, hätten vielfältige Auswirkungen auf die Qualitätsaspekte des Mobilfunknetzes. Daher ist es wichtig, dass diese Rahmenbedingungen zur Sicherung eines qualitativ hoch stehenden und fehlerfreien Mobilnetzes eingehalten werden.

Für Liechtenstein bedeuten diese internationalen Abkommen insbesondere, dass das liechtensteinische Staatsgebiet nicht nur von den in Liechtenstein konzessionierten Mobilfunkbetreibern versorgt wird. Mobilfunkstandorte im benachbarten Ausland versorgen Teile des liechtensteinischen Staatsgebietes in ähnlicher Qualität wie die lokale Versorgung. Ausschlaggebend für die Kommunikationsaufnahme eines Handys mit einer Mobilfunkantenne ist die Verfügbarkeit und vor allem die Immissionsstärke. Die Funktionalität des Handys ist so konzipiert, dass es automatisch mit dem stärksten empfangbaren Signal einer Mobilfunkantenne Kontakt aufnimmt. Ein Handy nimmt also auch mit einem fremden Netz Kontakt auf, wenn dieses im jeweiligen Gebiet ausreichend stark ist. In der Fachsprache wird dann von ‚Roaming‘ gesprochen. Dieses ‚Roaming‘ ist gerade bei den spezifischen geografischen Grössenverhältnissen Liechtensteins von Bedeutung, da der Anteil an grenznahen Gegenden sehr hoch ist. Internationale Abkommen regeln das Zusammenspiel in grenznahen Gebieten. Das ‚Wiener Abkommen‘ erlaubt im Mobilfunkbereich eine Versorgung bis 11 km in fremdes Staatsgebiet. ‚Roaming‘ - also Telefonieren auf einem fremden Mobilfunknetz - kann für den Handybenutzer jedoch sehr teuer werden, da er nicht nur mit den Gesprächstaxen seines eigenen Betreibers, sondern zusätzlich mit den Kosten fremder Netzbetreiber belastet wird.

3. FUNKTIONSWEISE MOBILFUNK

3.1 Physikalische Grundlagen

Das elektromagnetische Spektrum



(Quelle: M. Wuschek, Physikalische Grundlagen des Mobilfunks, 2004)

Nahfeld

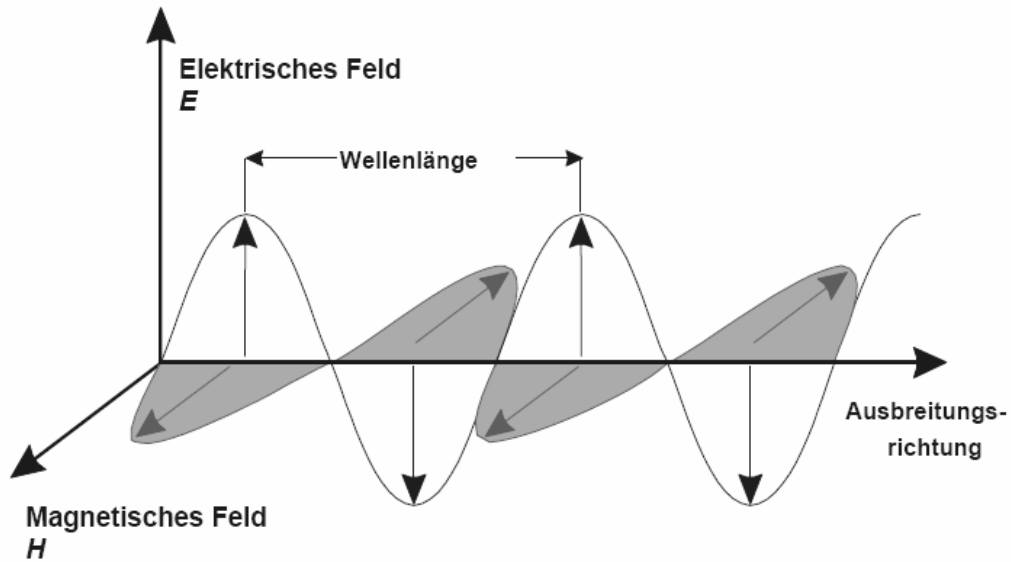
Das Nahfeld ist der räumliche Bereich in der Nähe der Strahlungsquelle, in dem komplexere Feldverhältnisse vorliegen als im Fernfeld.

Im Nahfeld ist kein fester Zusammenhang zwischen elektrischem und magnetischem Feld gegeben (Richtung, Verhältnis, Phase).

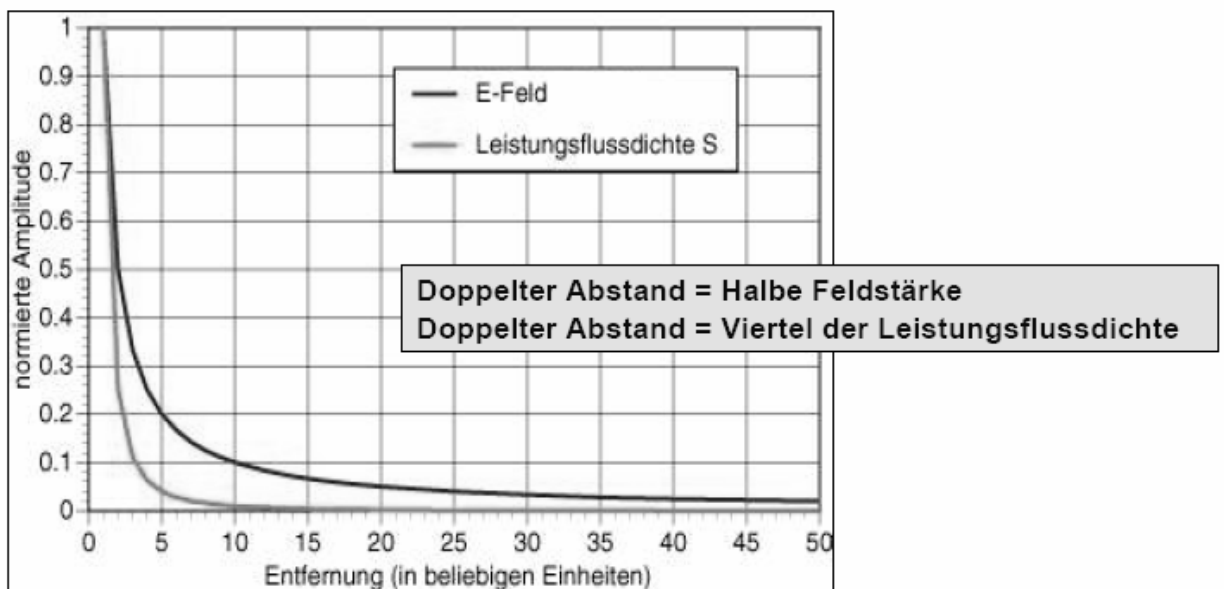
Fernfeld

Das Fernfeld ist der räumliche Bereich, in dem sich das elektromagnetische Feld als ebene Welle ausbreitet. Elektrischer und magnetischer Feldvektor stehen senkrecht aufeinander und senkrecht zur Ausbreitungsrichtung. Im Fernfeld nehmen die Feldgrößen E und H proportional zum Abstand $1/r$ ab.

Der Grenzabstand zwischen Nah- und Fernfeld ist sehr stark von der Frequenz und der verwendeten Antenne abhängig (beispielsweise wird bei Antennen von Mobilfunk-Basisstationen das Fernfeld typisch nach einigen Metern erreicht).



(Quelle: M. Wuschek, Physikalische Grundlagen des Mobilfunks, 2004)



(Quelle: M. Wuschek, Physikalische Grundlagen des Mobilfunks, 2004)

Hochfrequenzfelder im Alltag

- Diebstahl-Sicherungssysteme
- Bildschirme
- Rundfunk- und Fernsehsender
- Richtfunk, Satellitenfunk
- Radar und Navigation
- Industrie, Medizin, Haushalt (ISM-Frequenzen)
- Mikrowellenherd im Haushalt
- Kurzstrecken-Funk (Telematik, Bluetooth, DECT, WLAN....)
- CB- und Amateurfunk
- Flug-, BOS-, Bündelfunk
- Mobilfunk

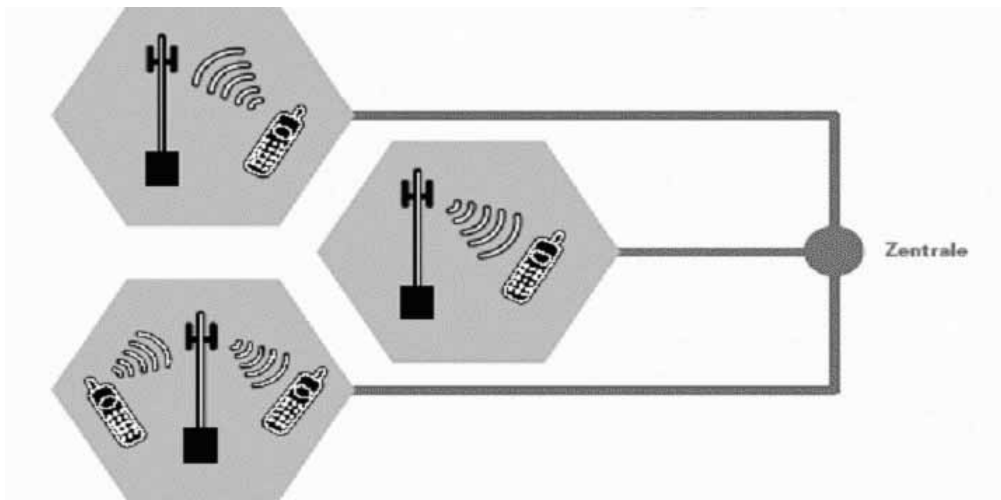
Beschreibungsgrößen für hochfrequente Felder

- Elektrisches Feld: elektrische Feldstärke E in Volt/Meter (V/m)
- Magnetisches Feld: magnetische Feldstärke H in Ampere/m (A/m)
- Leistungstransport: Leistungsflussdichte S in Watt/m² (W/m²)

3.2 Funktion der mobilen Kommunikation

3.2.1 Wie funktioniert die mobile Telekommunikation?

Grundlage der mobilen Telekommunikation ist ein wabenförmiges Netz von so genannten Zellen. Zu jeder Zelle gehört eine Basisstation, die via Funk die Verbindung mit den Mobiltelefonen in ihrer näheren Umgebung herstellt. Eine Basisstation besteht aus mehreren Sende-/Empfangsantennen, die üblicherweise an einem Antennenmast befestigt sind, sowie aus einer Steuerungseinheit. Die Basisstationen sind mittels herkömmlicher Telefonleitungen oder via Richtfunk mit einer Zentrale verbunden. Von dort erhalten sie die Gespräche, die sie an ein Mobiltelefon in ihrer Zelle weiterleiten müssen - dorthin übermitteln sie umgekehrt Gespräche, die von einem Mobiltelefon in ihrer Zelle geführt werden. Falls sich ein Mobiltelefon aus einer Zelle entfernt, wird die Verbindung automatisch an die nächste Basisstation weitergeleitet. Die Grösse einer Zelle wird durch die erwartete Anzahl von Mobiltelefonbenutzern bestimmt und bereits bei der Netzplanung festgelegt. Da eine Basisstation nur maximal 64 Mobiltelefone gleichzeitig bedienen kann, sind die Zellen in ländlichen Gebieten mit kleiner Mobiltelefon-Dichte gross (1 bis 4 km Durchmesser), im Zentrum einer Grossstadt dagegen klein (300 bis 400 m Durchmesser). Das Funksignal der Basisstation muss so stark sein, dass ein Mobiltelefon auch am Rand der Zelle noch erreicht wird, aber auch nicht zu stark, weil sonst die Signale in der nächsten oder übernächsten Zelle gestört würden. Wird in einer Zelle intensiv und zahlreich mit Mobiltelefonen telefoniert, so gelangt die Basisstation an ihre Belastungsgrenzen. Es können bis zum Freiwerden von Übertragungskanälen keine weiteren Gespräche getätigt werden. Bei chronischer Überlastung muss eine Zelle unterteilt werden. Es müssen zusätzliche Basisstationen errichtet werden, die mit niedrigerer Sendeleistung ihre jetzt kleineren Zellen versorgen.



(Quelle: Bundesamt für Gesundheit, Strahlung und Gesundheit - Mobile Telekommunikation)

3.2.2 Wie wird mit einem Mobiltelefon telefoniert?

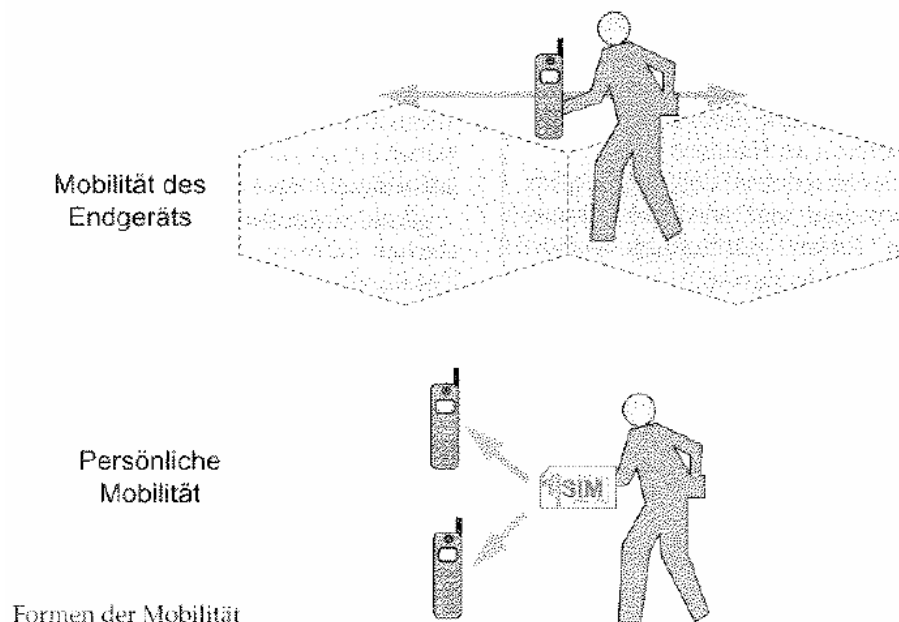
Wenn Sie ihr Mobiltelefon einschalten, nimmt dieses Kontakt mit der nächstmöglichen berechtigten Mobilfunkantenne und somit dem Mobilfunknetzwerk auf. Dort befindet sich eine Datenbank aller Mobiltelefonbenutzer des betreffenden Mobilfunknetzes. In regelmäßigen Abständen (alle 20 bis 60 Minuten) erhält die Zentrale von allen Basisstationen im Netz die Angaben, welche Mobiltelefone sich zurzeit in ihrer Zelle befinden und eingeschaltet sind.

Rufen Sie nun ihren Gesprächspartner auf seinem Mobiltelefon an, wird ein Sprachkanal zwischen ihrem Handy und der Mobilfunkantenne geöffnet. Von dort wird der Mobilfunkanruf an die Mobiltelefonzentrale weitergeleitet. Die Verbindung mit der zuständigen Basisstation wird hergestellt. Diese leitet das Gespräch per Funk an das Mobiltelefon ihres Gesprächspartners weiter. Hat Ihr Gesprächspartner sein Handy eingeschaltet, wird eine Gesprächsverbindung aufgebaut. Ist das Handy Ihres Gesprächspartners ausgeschaltet oder in einem nicht-versorgten Gebiet, kann keine Verbindung aufgebaut werden. Je nach Abonnement des gewählten Mobilfunkbetreibers, schaltet sich die Combox ein oder es erfolgt ein Sprachhinweis, dass der Gesprächspartner momentan nicht verfügbar ist.

3.2.3 Formen der Mobilität

Mobilfunksysteme (*PLMN=Public Land Mobile Network*) bieten dem Teilnehmer verschiedene Formen der Mobilität. Zum einen kann sich der Teilnehmer mit seinem Handy völlig frei im Versorgungsgebiet des Funknetzes seines gewählten Betreibers bewegen. Voraussetzung für die Nutzung ist eine SIM-Teilnehmerkarte (*Subscriber Identity Module*). Auf dieser SIM-Karte sind alle wichtigen Codierungsmerkmale programmiert, die auch die internationale Mobilität zulassen. Zur Identifikation in der internationalen Kommunikation, insbesondere beim Telefonieren in fremden Netzen („Roaming“), sind weitere Codierungsmerkmale erforderlich. Diese Codie-

rungsmerkmale sind in den Bereich der knappen Ressourcen einzureihen, die jedem Staat durch die internationale Behörde für Telekommunikation (ITU) zugeordnet werden. Es ist Aufgabe des Staates, diese Codierungsressourcen auf seinem Staatsgebiet zu nutzen um die erforderliche Identifikation zu gewährleisten. Unter diese Codierungsmerkmale fallen der MNC (*Mobile Network Code*) und der MCC (*Mobile Country Code*). Da sich bei einem mobilen Teilnehmer der Aufenthaltsort im Gegensatz zum normalen Telefonnetz nicht aus der Rufnummer ableiten lässt, erfolgt im internationalen Bereich nach der Anfrage der Heimnetze die weitere Wegesuche (so genanntes ‚Routing‘) zum gewählten Teilnehmer. Dies erfolgt mit Hilfe der temporären, aufenthaltsabhängigen MSRN (*Mobile Station Roaming Number*). Diese Nummer ist analog zur Rufnummer aufgebaut, enthält aber die Länder- und Bereichserkennung des aktuell besuchten Netzes. Die IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) dient der eindeutigen Identifizierung eines Mobilfunkteilnehmers. Sie ist jedoch zur Wahrung der Anonymität nicht öffentlich bekannt und besteht aus den Komponenten MCC (beispielsweise ‚295‘ für Liechtenstein), MNC und MSISN (*Mobile Subscriber Identifikation Number*).



(Quelle: Prof. Dr. Ch. Lüders, Mobilfunksysteme, Vogelfachbuch, 2001)

3.2.4 Grade der Mobilität

<i>Mobilität</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Beispiel</i>
Heimbereich	Versorgungsbereich ist eine Zelle mit Radius von 50-300m um die Basisstation.	Schnurloses Telefon (z.B. DECT)
Regional / Lokal	Funknetze aus einigen wenigen Zellen, begrenzt auf z.B. Firmengelände, Innenstadt, Region.	Betriebsfunk

National	Funknetz aus vielen Zellen, dessen Versorgungsgebiet sich über ein Land erstreckt.	Handy C-Netz
International	Ein in einem Land als Mobilfunkteilnehmer eingeschriebener Kunde ist auch in mehreren anderen Ländern erreichbar und kann von dort telefonieren.	GSM-Systeme
Global	Erreichbarkeit an (fast) jedem Punkt der Erde.	Satellitengestützter Mobilfunk

(Quelle: Prof. Dr. Ch. Lüders, Mobilfunksysteme, Vogelfachbuch, 2001)

3.2.5 Was strahlen Mobiltelefone und Basisstationen aus?

Das Handy und die Mobilfunkantenne senden und empfangen elektromagnetische Strahlung. Es handelt sich um Schwingungen elektrischer und magnetischer Felder, die sich wellenartig mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Elektromagnetische Strahlung kennen wir in unserer natürlichen und technischen Umwelt in verschiedenen Formen. Sichtbares Licht, UV-, Röntgen- und Wärmestrahlung gehören ebenso zum elektromagnetischen Spektrum wie Radio- und Mikrowellen sowie elektrische und magnetische Felder von Eisenbahnen und Stromversorgung. Physikalisch unterscheiden sich diese verschiedenen Strahlungen nur durch ihre Frequenz (siehe Grafik „*Das elektromagnetische Spektrum*“ in Abschnitt 3.1 von M. Wuschek). Bei den Funksignalen, die bei der mobilen Telekommunikation zum Einsatz kommen, handelt es sich um Hochfrequenzstrahlung. Zurzeit werden Frequenzbereiche bei 900 MHz und bei 1800 MHz genutzt. Diese Frequenzen liegen zwischen denjenigen von Fernsehsendern und Mikrowellengeräten.

3.2.6 Wie lassen sich mit elektromagnetischen Feldern Nachrichten übertragen?

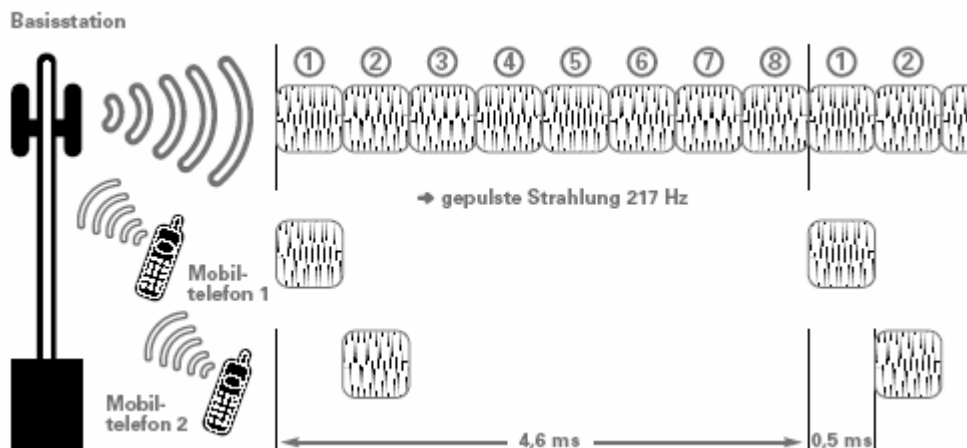
Die Hochfrequenzstrahlung wird als Transportmittel, als so genannter ‚Träger‘ für Informationen benutzt. Die zu übertragende Information, beispielsweise ein Gespräch oder ein Fax, wird der Trägerwelle auf geeignete Weise aufgeprägt; man spricht von Modulation. Das Empfangsgerät ist in der Lage, dem empfangenen modulierten Hochfrequenzsignal die ursprüngliche Information wieder zu entnehmen. Beim früheren C-Netz handelte es sich um ein analoges System der Informationsübertragung. Dabei wurde die Frequenz der Trägerwelle im Rhythmus des Gesprächs leicht verändert.

Bei den GSM-Netzen wird die Information digital übermittelt. Das zu übertragende Gespräch wird in einem ersten Schritt digitalisiert und liegt dann als Zahlenreihe von 0- und 1-Werten vor. Diese Zahlenreihe, vergleichbar der Information auf einer Musik-CD, wird dem Hochfrequenzsignal aufgeprägt. Beim Empfänger wird diese Zahlenreihe entschlüsselt und wieder in ein analoges Signal umgewandelt.

3.2.7 Strahlen Mobiltelefone und Basisstationen dauernd?

Damit in einer Zelle mehrere Benutzer gleichzeitig telefonieren können, wird beim analogen System für jeden Benutzer ein Frequenzkanal benötigt. Beim GSM-System dagegen teilen sich bis zu acht Benutzer den gleichen Frequenzkanal. Jeder Benutzer erhält einen Achtel der Zeit für die Übertragung zugewiesen. Die Information wird in einzelne Pakete von ungefähr einer halben Millisekunde Dauer aufgeteilt, die in Intervallen von 4,6 Millisekunden abgesetzt werden (vgl. Grafik). Das Mobiltelefon gibt aus diesem Grund eine gepulste Strahlung mit einer Wiederholungsrate von 217 Pulsen pro Sekunde ab. Bei den Basisstationen ist das zeitliche Muster der Abstrahlung komplizierter und variiert mit der Anzahl der gleichzeitig bedienten Mobiltelefone in der Zelle.

Auch wenn kein Gespräch geführt wird, also im so genannten Bereitschaftsmodus, empfängt ein eingeschaltetes Mobiltelefon laufend Kontrollsignale von der nächsten Basisstation. Alle 20 bis 60 Minuten sendet das Mobiltelefon ausserdem selber für kurze Zeit eine «Hier-bin-ich-Meldung» an die Basisstation.



(Quelle: Bundesamt für Gesundheit, Strahlung und Gesundheit - Mobile Telekommunikation)

3.3 Mobilfunkantennen

Viele Menschen fragen sich immer wieder, weshalb eine Mobilfunkantenne gerade in der näheren Umgebung stehen muss. Bei der Diskussion um Standorte wird jedoch oft übersehen, dass Antennen nicht einfach frei in der Landschaft aufgestellt werden können - am liebsten ausserhalb der Bauzonen. Die Standortwahl wird nämlich durch eine Reihe von Kriterien eingeschränkt:

Die Mobilfunk-Betreiber versorgen in erster Linie Gebiete mit einer hohen Nachfrage nach mobilen Dienstleistungen. Antennen müssen daher dort stehen, wo die Menschen mobil telefonieren und Daten senden wollen. Die Antennen müssen dabei die notwendige Kapazität und Abdeckung gewährleisten, geografisch optimal platziert sein, ins bestehende Netz und in die zugewiesenen Funkfrequenzen passen; die Anten-

nen müssen zudem bautechnischen und statischen Anforderungen genügen und zahlreiche weitere Anforderungen erfüllen.

Bei der Wahl der Antennenstandorte kommt es zu einem allgemeinen Interessensgegensatz zwischen dem Wunsch, mobil telefonieren zu können, und dem Wunsch der Anwohnerinnen und Anwohner, die Antenne möglichst nicht in der Nähe zu haben. Aus technischen Gründen müssen Antennen jedoch dort platziert werden, wo die Nachfrage besteht. Die Bevölkerung hingegen möchte die Antennen möglichst nicht in der Nähe des eigenen Wohnorts wissen. Je weiter weg eine Antenne aber steht, desto grösser muss die Leistung von Antenne und Handy sein, um überhaupt eine Verbindung zu ermöglichen. Mit anderen Worten, je näher beim Nutzer die Antenne steht, desto besser die Versorgungsqualität und desto tiefer die Leistung, die für die Verbindung notwendig ist. Dies bedeutet wiederum, dass damit auch die Intensität der elektromagnetischen Wellen abnimmt.

Im Rahmen der Netzplanung wird die Auswahl möglicher Antennenstandorte durch zahlreiche Faktoren deutlich eingeschränkt. Vor der eigentlichen Realisierung müssen die Mobilfunkbetreiber ein ausführliches Bewilligungsverfahren durchlaufen, in welchem die zuständigen Behörden alle Informationen auf Vollständigkeit und Richtigkeit überprüfen.

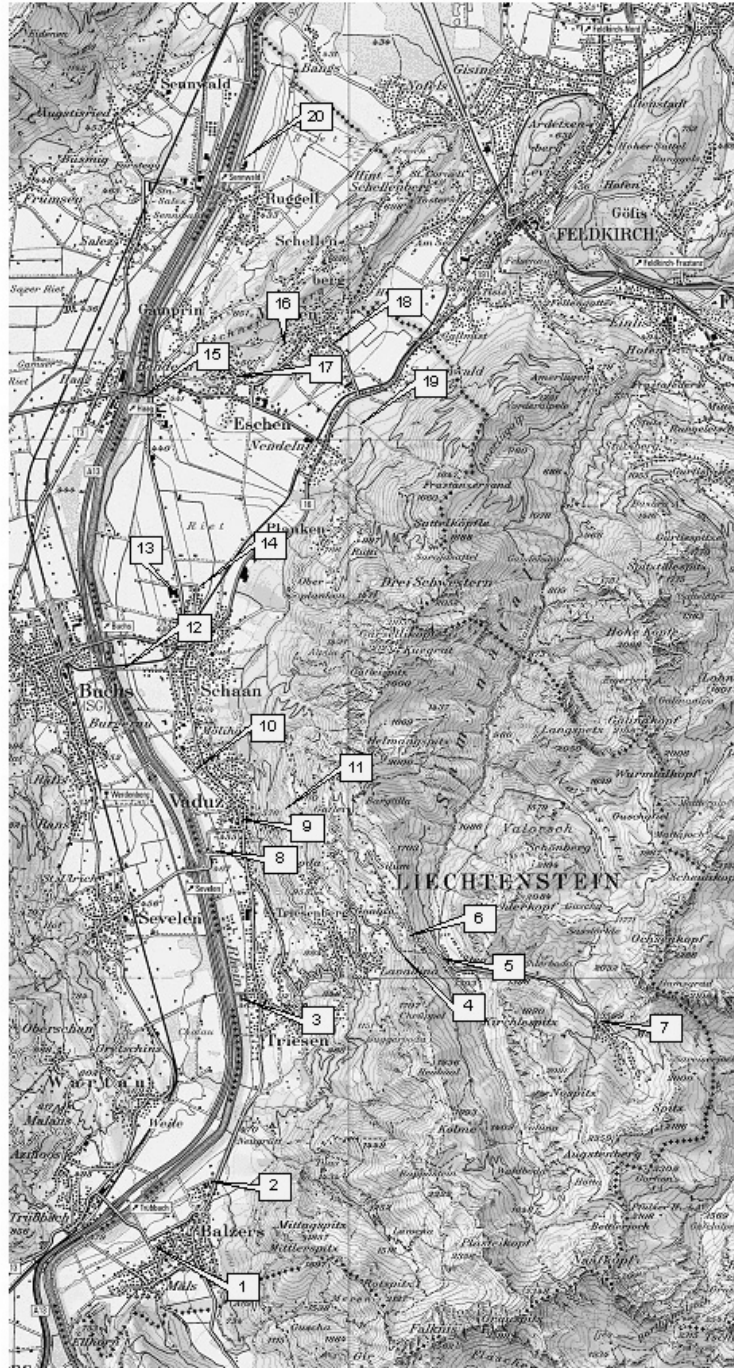
Liechtenstein hat eine verpflichtende Standortkoordination eingeführt. Diese Standortkoordination verpflichtet alle Mobilbetreiber dazu, dieselben Standorte in Liechtenstein zu nutzen – es sei denn, ein Betreiber verzichtet explizit auf den entsprechenden Standort.

Durch das Standortkoordinationsverfahren konnte in Liechtenstein erreicht werden, dass die geplanten 60 Mobilfunkstandorte auf deren 20 reduziert werden konnten.

Die heute aktuellen Standorte sind (Stand von Juli 2004):

Mobilfunkstandorte in Liechtenstein

(Stand August 2004)



- | | |
|---|--|
| 1. Balzers, Standort UNAXIS | 11. Vaduz, Standort Erbi |
| 2. Balzers, Standort Neugrüt | 12. Schaan, Standort Wiesengasse |
| 3. Triesen, Standort Swarovski | 13. Schaan, Standort Hilcona |
| 4. Triesenberg, Standort Tunnel Portal West | 14. Schaan, Standort Buurabund |
| 5. Triesenberg, Standort Tunnel Portal Ost | 15. Bendern, Standort Rheindamm |
| 6. Triesenberg, Standort Sücka, | 16. Eschen / Mauren, Standort Silo Näscher |
| 7. Malbun, Standort Parkplatz | 17. Eschen, Standort Eschen Zentrum |
| 8. Vaduz, Standort Gerster Beton | 18. Schaanwald, Standort Industrie |
| 9. Vaduz, Standort Postgebäude | 19. Nendeln, Standort Mehrzweckanlage |
| 10. Vaduz, Standort LTN | 20. Ruggell, Standort Pantec |

3.4 Strahlungsmessungen in Liechtenstein

Messempfehlungen schreiben das Ausmessen des Broadcast-Channels (BCC) und das Hochrechnen mit allen verfügbaren Traffic-Channels (TCC) vor. Dies ist der für eine gesamte Mobilfunkantenne maximal erreichbare Grenzwert. Dieser Grenzwert ist eine rechnerische Grösse und wird nur bei Volllast erreicht (wenn alle Gesprächskanäle genutzt werden). In der Praxis wird dieser Grenzwert normalerweise nicht einmal zu 50 Prozent erreicht, wie anhand konkreter Messungen zu verschiedenen Tageszeiten durch das Amt für Kommunikation gezeigt wird. Da erfahrungsgemäss in der Nacht weniger telefoniert wird als tagsüber, sind während der Nacht in der Regel noch tiefere Strahlungswerte Tatsache.

3.5 Wie und wie stark strahlen Mobiltelefone und Basisstationen?

Sowohl Mobiltelefone als auch Basisstationen senden und empfangen die gleiche Hochfrequenzstrahlung. Die Stärke dieser Strahlung hängt vor allem von der Sendeleistung und dem Abstand zur Antenne ab. Die Strahlung, die auf den Menschen auftrifft, bezeichnet man als Immission.

Die Stärke der Sendeleistung eines Handys hängt von der Versorgungsqualität ab, also der Stärke der zur Verfügung stehenden Mobilfunkantenne. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass ein starkes Empfangssignal von einer Basisstation eine entsprechend schwache Leistungsabgabe des Handys bewirkt. Das Handy ist dasjenige Element der gesamten Mobilfunkinfrastruktur, das seine Leistung an die jeweilige Nutzungssituation anpasst. Zudem ist das Handy dasjenige Element der gesamten Infrastruktur, das beim Telefonieren in der Regel direkt an den Kopf gehalten wird und somit für die stärkste Exposition von Hochfrequenzstrahlung direkt am menschlichen Körper verantwortlich ist. Die maximale Sendeleistung eines Handys liegt je nach Typ zwischen 0,25 und 2 Watt. Die Strahlungsstärke eines Handys ist im so genannten SAR-Wert normiert und variiert je nach Hersteller und Modell.

Die funktechnische Versorgung eines bestimmten Gebietes übernimmt eine Basisstation (Mobilfunkantenne) eines oder mehrerer Betreiber. Die Hauptaufgabe der Basisstation besteht im Senden und Empfangen von Nutz- und Signalisierungsinformationen sowie in Messungen der Empfangsqualität. Eine Basisstation führt die komplette Signalverarbeitung bis auf die Sprachdekodierung durch. Je nach Zellgrösse liegt die maximale Sendeleistung zwischen einigen Watt und ca. 500 Watt. Aufgrund physikalischer und elektrischer Grundgesetze reduziert sich die Sendeleistung bei doppeltem Abstand zur Mobilfunkstation um die Hälfte.

In Liechtenstein unterliegen alle Betreiber der verpflichtenden Standortkoordination, was zur Folge hat, dass an den Standorten jeweils die Antennen verschiedener Betreiber angebracht sind. Dieses Vorgehen hat in Liechtenstein dazu geführt, dass die Anzahl der geplanten Mobilfunkstandorte von 60 auf 22 Antennenstandorte reduziert werden konnte. Ein zentraler Aspekt dieser verpflichtenden Standortkoordination ist, dass sich die Betreiber die gesamthaft erlaubte Sendeleistung teilen müssen, sodass der maximal zulässige Grenzwert nicht überschritten wird. Die Summe der Sendeleistungen eines Standortes darf den maximalen Grenzwert der Sendeleis-

tung bei Vollast nicht übersteigen. Konkret bedeutet dies, dass ein Betreiber nur mit 25 Prozent der maximal erlaubten Sendeleistung operieren darf. Im Vergleich zu den schweizerischen Grenzwerten, die als die strengsten von staatlichen Behörden auferlegten Werte gelten, entspricht dies einer deutlichen zusätzlichen Einschränkung der Sendeleistung jedes einzelnen Betreibers.

Basisstation	Mobiltelefon
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Stärkerer Sender ➤ Beträchtliche Distanz zu Personen ➤ Gleichmässige Bestrahlung des ganzen Körpers ➤ Geringe absorbierte Leistung ➤ Strahlung dauernd vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Schwacher Sender ➤ Sehr kleine Distanz zum Kopf ➤ Lokale Bestrahlung des Kopfes ➤ Im Kopf höhere absorbierte Leistung ➤ Strahlung nur während einer Verbindung vorhanden

(Quelle: Bundesamt für Gesundheit, Strahlung und Gesundheit - Mobile Telekommunikation)

Mobilfunksysteme	GSM900	GSM1800
Betreiber	Mobilkom (Liechtenstein) AG Orange (Liechtenstein)AG Swisscom Mobile AG Tele2 AG	Mobilkom (Liechtenstein) AG Orange (Liechtenstein)AG Swisscom Mobile AG Tele2 AG
Frequenzbereich	890-960 MHz	1710-1880 MHz
Art der Strahlung	gepulst	gepulst
Zellengrösse (max. Distanz zwischen Basisstation und Mobiltelefon)	0,4-4 km	0,25-4 km
Maximale Sendeleistung pro Frequenzkanal einer Basisstation*	300 W	270 W
Maximale Sendeleistung eines Mobiltelefons	2 W**	1 W**

* Die maximale Sendeleistung ist durch die Zellengrösse bestimmt. Kleine Zellen kommen mit einer niedrigen Sendeleistung aus, grössere benötigen eine hohe Sendeleistung.

- ** Es handelt sich um die maximale Sendeleistung während eines Pulses. Im zeitlichen Mittel ist die Sendeleistung geringer, weil das Mobiltelefon nur während eines Achtels der Zeit sendet und weil seine Sendeleistung automatisch auf das Nötige reduziert wird.

3.6 Roaming

In der üblichen Umgebung benutzt das Handyabonnement das Heimnetz seines koncessionierten Betreibers (in Liechtenstein sind dies: Tele2 AG, Mobilkom (Liechtenstein) AG, Orange (Liechtenstein) AG und Swisscom Mobile AG). Aus wettbewerbsorientierten Gründen bieten diese Mobilbetreiber teilweise Spezialtarife in umliegenden Staaten an (z.B. Nachbarländer oder gesamtes deutschsprachiges Gebiet). Dies bedeutet, dass bei solchen Spezialtarifen auch in den benannten Nachbarländern zum Normaltarif Gespräche getätigt werden können.

Befindet sich ein Handy-Benutzer im Ausland so hat er keine direkte Verbindung mit seinem Heimnetz. Die Mobilfunk-Betreiber schliessen für diese Fälle gegenseitige Verträge ab, die es den Benutzern erlauben, sich auf ein fremdes Mobilnetz anzumelden. Dies geschieht je nach Konfiguration des eigenen Handys automatisch oder manuell. Wenn sich das eigene Handy auf einem fremden Netzwerk eingebucht hat, spricht man von ‚Roaming‘. Roaming hat zur Folge, dass dem Anwender bei einem Anruf nicht nur der lokale Heimtarif, sondern auch noch die Zuschläge für die Benutzung des fremden Netzes zugeschlagen werden. Die Mobilfunkanbieter verrechnen diese Roamingtarife gemäss individuellen Tarifgruppen und Tarifregionen. Im Vergleich zu Normaltarifen, die sich in den meisten Fällen wesentlich unter 1 CHF pro Minute bewegen (teilweise sogar unter 10 Rp pro Minute), erstrecken sich Roamingtarife bis über 5 CHF pro Minute. Nähere Auskünfte über die Roamingtarife können bei jedem Mobilfunkbetreiber angefordert werden. Das Roaming hat besonders in den grenznahen Gebieten Liechtensteins grosse Bedeutung, da stärkere Mobilfunksender (z.B. aus Österreich) die mit schwächeren Signalen operierenden liechtensteinischen Mobilfunksender überlagern. Dies führt dazu, dass sich das Handy, bedingt durch Roamingverträge mit benachbarten Betreibern, auf das Fremdnetz einbucht. Der Anwender wird bei seinen weiteren Gesprächen dabei mit erhöhten Gebühren belastet.

Diese bisweilen komplexe Roamingsituation in Liechtenstein ist einer der Gründe, weshalb Liechtenstein internationalen Abkommen für grenznahe Gebiete beigetreten ist.

4. GESUNDHEITLICHE ASPEKTE

4.1 Ist die Strahlung von Basisstationen und Mobiltelefonen gesundheitsschädlich?

Biologische und daraus resultierende gesundheitliche Einwirkungen elektromagnetischer Strahlung hängen vor allem von deren Intensität, Frequenz und Dauer ab.

Intensive Hochfrequenzstrahlung führt zu thermischen Wirkungen: Die Strahlungsenergie wird im Körper absorbiert und in Wärme umgewandelt. Der Körper erwärmt sich. Falls die absorbierte Strahlungsleistung so hoch ist, dass sich die Körpertemperatur um mehr als 1-2 °C erhöht, treten die gleichen Wirkungen auf wie bei Fieber oder bei Hitzeeinwirkung: Es kommt zur Verringerung der mentalen Aktivitäten, zu Abweichungen bei verschiedenen Körperfunktionen bis zu Fortpflanzungsstörungen. Organe mit schlechter Durchblutung und damit schlechter Wärmeabfuhr wie zum Beispiel die Augen erwärmen sich schneller und sind deswegen stärker gefährdet. Den thermischen Wirkungen ist gemeinsam, dass sie unterhalb einer bestimmten Strahlungsintensität nicht mehr auftreten.

Die Immissionsgrenzwerte wurden in der Schweiz so festgelegt, dass es nicht zu solchen thermischen Wirkungen kommen kann. Da diese Immissionsgrenzwerte an allen zugänglichen Orten bei Basisstationen sowie beim Telefonieren mit Mobiltelefonen eingehalten werden, sind thermische Wirkungen nicht zu befürchten.

Im Gegensatz zu den thermischen Einwirkungen intensiver Hochfrequenzstrahlung sind die biologischen Wirkungen von schwacher Hochfrequenzstrahlung erst in Ansätzen bekannt. Wurde die Existenz solcher nichtthermischer Wirkungen noch vor einigen Jahren bestritten, so steht heute fest, dass Hochfrequenzstrahlung nicht nur über die Erwärmung wirksam werden kann.

Beobachtet wurden beispielsweise physiologische Veränderungen in Zellkulturen und bei Tieren sowie eine Beeinflussung der elektrischen Aktivität im menschlichen Hirn. Wie solche Wirkungen zustande kommen, ist nicht bekannt. Ob und unter welchen Bedingungen sie zu einem Gesundheitsrisiko werden können, lässt sich beim heutigen Kenntnisstand nicht angeben. In der Bewertung verschiedener Resultate kommt erschwerend hinzu, dass sich manche Experimente teilweise nicht wiederholen liessen oder dass widersprüchliche Ergebnisse vorliegen. Es ist weitere Forschung nötig, um allfällige Gesundheitseffekte schwacher Hochfrequenzstrahlung, wie sie beim Mobilfunk vorkommt, zu erkennen. Vor allem Langzeitwirkungen schwacher Strahlung konnten bis anhin gar nicht untersucht werden.

4.2 Kann die Strahlung von Mobiltelefonen Krebs verursachen?

In vielen Untersuchungen wurde bestätigt, dass auch intensive Hochfrequenzstrahlung das Erbgut nicht zu verändern vermag. Deshalb gilt Hochfrequenzstrahlung nicht als krebsauslösend. Hingegen kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Wachstum von Tumoren, wenn sie einmal gebildet sind, gefördert werden könnte. In

einer australischen Untersuchung entwickelten genveränderte Mäuse vermehrt Tumore, wenn sie während längerer Zeit Mobilfunkstrahlung ausgesetzt waren. Ob dies auch beim Menschen zu befürchten ist, kann aufgrund dieser Untersuchung weder bewiesen noch ausgeschlossen werden.

4.3 Verursacht Mobilfunkstrahlung Kopfweh und Schlafstörungen?

Untersuchungen in Skandinavien haben ergeben, dass Personen, die viel mit einem Mobiltelefon telefonieren, häufiger über Kopfschmerzen, Müdigkeit und Hautbrennen berichten als Wenigtelefonierer. Ob diese Symptome auf die Strahlung des Mobiltelefons zurückzuführen oder eine Folge der weiteren Lebensumstände von Vieltelefonierern sind, ist derzeit noch nicht klar.

In einer Laboruntersuchung zeigte sich bei freiwilligen Versuchspersonen eine Beeinflussung der Schlafphasen, wenn sie während der Nacht der Strahlung eines Mobiltelefons in 40 cm Abstand vom Kopf ausgesetzt waren. Ob ein solcher Einfluss auch bei den wesentlich schwächeren Immissionen vorliegt, die von einer Basisstation stammen, bleibt noch zu untersuchen.

4.4 Beeinflusst Mobilfunkstrahlung Hörgeräte?

Die gepulste Strahlung eines Mobiltelefons vermag gewisse Hörapparate zu stören. Bereits in zirka einem Meter Entfernung kann es zu Beeinträchtigungen kommen. Hörgeräteträger empfinden die Störung als ein Brummen im Ohr. Wenn Sie einen Hörapparat tragen und ein Mobiltelefon benützen möchten, erkundigen Sie sich über die Verträglichkeit ihres Gerätes mit Mobilfunkstrahlung (kleine Geräte im Ohr werden weniger gestört als Geräte, die hinter dem Ohr getragen werden). Hersteller bieten zudem Hilfsmittel an, um das Mobiltelefon nicht direkt an das Ohr halten zu müssen.

4.5 Wie wirkt sich Mobilfunkstrahlung auf Herzschrittmacher aus?

Die gepulste Strahlung eines Mobiltelefons kann die Steuerung gewisser Herzschrittmacher beeinflussen. Die einzelnen Schrittmachertypen sind unterschiedlich störempfindlich. Eine Störung ist nur dann zu befürchten, wenn ein Herzschrittmacherträger selber ein Mobiltelefon benützt. Das Störrisiko ist am grössten, wenn das Mobiltelefon unmittelbar beim Schrittmacher anliegt. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn ein Mobiltelefon eingeschaltet in der Brusttasche, unmittelbar über dem Schrittmacher, getragen wird.

4.6 Kann Mobilfunkstrahlung im Krankenhaus und im Flugzeug stören?

Die Strahlung von Mobiltelefonen kann empfindliche elektronische Geräte stören. In Spitälern sind insbesondere die Geräte der Intensivstation gefährdet. Im Flugzeug

können die elektronischen Geräte an Bord gestört werden. Deshalb muss das Mobiltelefon an Orten mit Mobiltelefonverbot unbedingt ausgeschaltet werden.

4.7 Ist es gefährlich, im Auto zu telefonieren?

Die Benützung eines Mobiltelefons während der Autofahrt lenkt vom Fahren ab und kann zu Unfällen führen. Eine kanadische Studie bestätigt dies auch wissenschaftlich. Allerdings zeigte sie, dass nicht das einhändige Fahren zu höheren Unfallquoten führt, sondern die geistige Ablenkung. Eine australische Studie zeigte hingegen eine positive Wirkung der mobilen Telekommunikation auf: Bei Autounfällen konnte in 12 Prozent der Fälle dank dem Mobiltelefon schnell Hilfe angefordert werden.

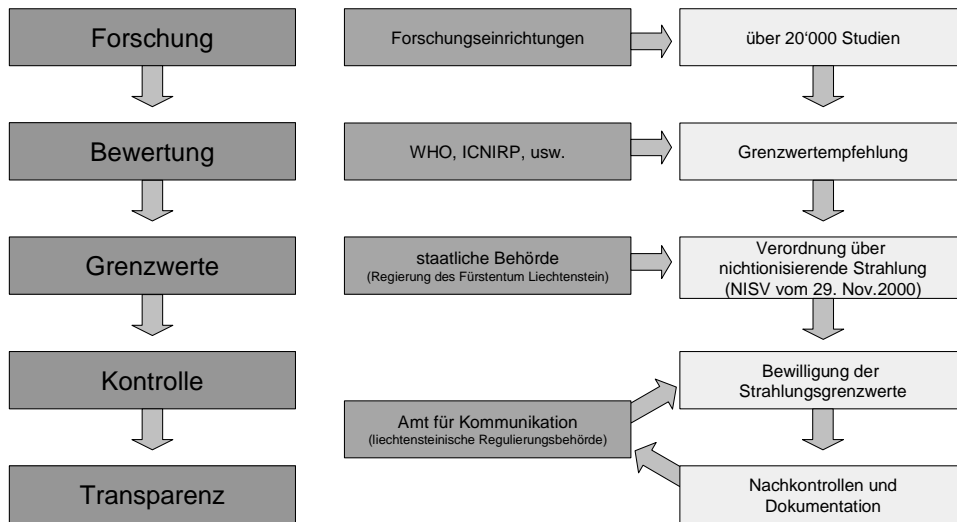
In Liechtenstein ist das Verwenden eines Telefons ohne Freisprecheinrichtung während der Fahrt verboten und kann mit einer Busse bestraft werden.

4.8 Gibt es Grenzwerte für die Mobilfunkstrahlung?

In Liechtenstein befindet sich ein Immissionsschutzgesetz in Vorbereitung. Bis zum Inkrafttreten dieses Gesetzes gilt die Verordnung über Nicht-Ionisierende-Strahlung vom 29. November 2000, welche den Empfehlungen des schweizerischen Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft und des Bundesamtes für Gesundheit gefolgt ist. Die beiden Bundesämter empfehlen, die Grenzwerte der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) anzuwenden. Diese Werte basieren auf den wissenschaftlich gesicherten, schädlichen Akutwirkungen von Hochfrequenzstrahlung und liegen 50 Mal unter den Wirkungsschwellen für schädliche thermische Effekte.

4.8.1 Entstehung von Grenzwerten

Strahlungsgrenzwerte entstehen nicht willkürlich. Die zuständigen Behörden eines Staates, die EU-Kommission und die WHO lehnen sich an Empfehlungen der ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Die Europäische Kommission hat basierend auf den ICNIRP-Empfehlungen die Richtlinie (2004/40/EG) des EU Parlamentes und des Rates vom 29.04.2004 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer durch physikalische Einwirkungen (Elektromagnetische Felder) erlassen. Es ist den individuellen EU-Mitgliedstaaten überlassen, eigene Grenzwerte einzusetzen, die die Grenzwerte der Richtlinie 2004/40/EG unterschreiten. Die zuständigen Behörden der Schweiz (als Nicht-EU-Mitgliedstaat) haben sich entschlossen, die Grenzwerte der ICNIRP-Empfehlung nochmals um 90 Prozent zu senken. Diese Grenzwerte sind als „Anlage-Grenzwerte“ bekannt und gelten an Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN) und müssen dort eingehalten werden, wo sich Menschen über 800 Stunden pro Jahr aufhalten. Diese schweizerischen Anlagegrenzwerte sind die weltweit strengsten Grenzwerte, die eine staatliche Behörde in Kraft gesetzt hat. In Liechtenstein gelten diese Anlagegrenzwerte ebenfalls und wurden von der liechtensteinischen Regierung in einer Verordnung über nichtionisierende Strahlung übernommen.



(Quelle: Analog zu M. Wuschek, Physikalische Grundlagen des Mobilfunks, 2004)

4.8.2 Grenzwerte im internationalen Vergleich

Quelle/Land	Elektr. Feldstärke [V/m]		Leistungsflussdichte [W/m ²]	
	900 MHz	1800 MHz	900 MHz	1800 MHz
ICNIRP ¹⁾	42	58	4,5	9
Deutschland	41	58	4.5	9
Österreich	48	61	6	10
Schweiz / Liechtenstein ²⁾	41	58	4.5	9
Schweiz / Liechtenstein ³⁾	4	6	0,042	0,095

¹⁾ ICNIRP

Die ICNIRP ist eine internationale, unabhängige Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung, welche von der WHO und EU offiziell anerkannt ist. Ihre 14 Mitglieder sind industrieunabhängige anerkannte Experten für Fragestellungen aus dem Bereich der nichtionisierenden Strahlung, wobei ihr ausserdem in vier Komitees weitere ca. 80 Wissenschaftler für Epidemiologie, Biologie, Physik und Optik zuarbeiten.

Die Hauptaufgaben der ICNIRP bestehen in der kontinuierlichen Analyse und gesundheitlichen Bewertung des Kenntnisstandes auf allen Gebieten, die für den Strahlenschutz relevant sind, einschliesslich der Analyse der jeweils aktuellen Forschungsergebnisse. Diese Analysen, verbunden mit Empfehlungen, werden regel-

mässig veröffentlicht. Ziel ist eine weltweite Harmonisierung der Verfahren und Vorgehensweisen zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung.

Die ICNIRP geht aktuell davon aus, dass die Existenz von nichtthermischen Effekten durch Felder wie die vom Mobilfunk beziehungsweise die Relevanz dieser Effekte für die Gesundheit des Menschen zu wenig gesichert ist, um sie zur Festsetzung von Grenzwerten heranziehen zu können. Sie kommt daher zu dem Schluss, dass unterhalb der von ihr empfohlenen Grenzwerte nach gesicherten wissenschaftlichen Kenntnissen keine gesundheitsschädlichen Wirkungen zu erwarten sind. Der Vorsorgedanke wird in der Form von Sicherheitsfaktoren bei der Festlegung von Basisgrenzwerten berücksichtigt, sowie in der Annahme von worst-case Situationen bei der Definition von Referenzgrenzwerten (d. h. die Überschreitung von Referenzgrenzwerten bedeutet nicht automatisch eine Überschreitung der Basisgrenzwerte).

2) OKA-Werte

Orte mit kurzfristigem Aufenthalt = Immissionsgrenzwert

3) Anlagegrenzwerte

Eine elektrische Feldstärke von 4 V/m entspricht einer Leistungsflussdichte von ca. 0,042 W/m², das ist weniger als 1/100 des "normalen" Grenzwertes. Von Kritikern werden die in der NISV für "Orte mit empfindlicher Nutzung" festgelegten Grenzwerte oft als "Mogelpackung" bezeichnet, da die elektromagnetischen Felder beim Eintritt in Gebäude sowieso etwa um den Betrag gedämpft würden, der sie von den "normalen" Grenzwerten unterscheidet. Dadurch seien diese als Vorsorgewerte bezeichneten Grenzwerte in Wirklichkeit nicht anders als z. B. in Deutschland.

Diese Ansicht trifft jedoch nur in einem Teil der betrachtenswerten Fälle zu, da die Gebäudedämpfung stark von der Bauweise abhängt und in Dachwohnungen sowie Holz- oder Fertighäusern sehr gering sein kann.

4.8.3 Wirkung verschiedener Grenzwerte

Die Sendeleistung eines Mobiltelefons ist zwar wesentlich niedriger als diejenige von Basisstationen. Die Belastung des Menschen durch ein Mobiltelefon während eines Gesprächs ist jedoch viel höher als diejenige, die sich selbst von der stärksten Basisstation ergibt. Dies rührt daher, dass das Mobiltelefon während des Telefonierens in der Regel nur wenige Millimeter vom Kopf entfernt ist, während man der Antenne einer Basisstation kaum näher als einige Meter kommt.

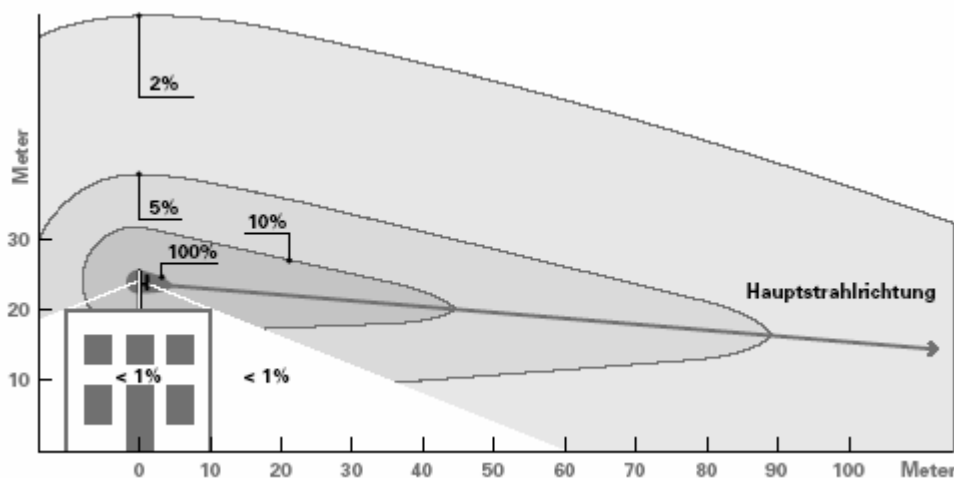
Bei Basisstationen bestimmen folgende Faktoren, wie hoch die Immissionen an einem bestimmten Aufenthaltsort sind:

- Die Sendeleistung: Die Immissionen steigen mit der Sendeleistung an.
- Der Abstand zur Sendeantenne: Bei doppeltem Abstand sinken die Immissionen auf die Hälfte.
- Das räumliche Abstrahlungsmuster der Antenne: Die Antennen von Basisstationen strahlen nicht in alle Richtungen gleich stark. Sie sind einer fokussierenden Taschenlampe vergleichbar, die gebündelt in der Waagrechten und seitlich

in einem Sektor von ungefähr 120 bis 180 Grad abstrahlt. Die Intensität ausserhalb dieses Strahlungskegels verschwindet zwar nicht vollständig, ist aber stark reduziert.

- Mauerwerk und Dächer: Sie schwächen die Strahlung ab, die von aussen auf ein Gebäude auftrifft.

Die folgende Abbildung zeigt schematisch, wie sich die Immissionen in der Umgebung einer Basisstation mit 500 Watt Sendeleistung in Abhängigkeit des Abstandes und des Winkels verhalten. Die Prozentangaben beziehen sich auf den internationalen Immissionsgrenzwert für das 900 MHz-Band. Ausserhalb des stark gefärbten Bereichs (100 Prozent) ist der Immissionsgrenzwert eingehalten.



(Quelle: Bundesamt für Gesundheit, Strahlung und Gesundheit - Mobile Telekommunikation)

Vergleicht man die in der Umgebung einer Basisstation vorherrschenden Immissionen mit den internationalen Immissionsgrenzwerten, so stellt man fest, dass diese Immissionsgrenzwerte bereits im Abstand von wenigen Metern von den Antennen unterschritten sind. Bei jeweils gleicher Entfernung von der Antenne sind die Immissionen in der Strahlrichtung am höchsten, unter der Antenne bereits deutlich niedriger und in einem Gebäude direkt unter der Antenne nochmals wesentlich niedriger.

Mit dem Mobiltelefon wird in erster Linie der Kopf der telefonierenden Person exponiert. Die Belastung ist dabei wesentlich höher als diejenige, die sich durch Basisstationen ergibt.

Bei Mobiltelefonen spielen eine Rolle:

- Die Sendeleistung: die Immissionen steigen direkt mit der Sendeleistung an.
- Der Abstand zwischen der Telefon-Antenne und dem Kopf: In dieser Hinsicht schneiden Geräte mit einer Freisprecheinrichtung besser ab als solche, bei denen die Antenne nahe am Kopf anliegt.
- Die Konstruktion des Mobiltelefons und der Antenne: In diesem Bereich bestehen vielfältige Möglichkeiten, die im Kopf absorbierte Strahlung zu verringern.

Nachfolgende Abbildung zeigt, wie die Strahlung im Kopf einer telefonierenden Person absorbiert wird. Die Belastung ist nahe am Ohr am stärksten und nimmt gegen innen deutlich ab.



(Quelle: Bundesamt für Gesundheit, Strahlung und Gesundheit - Mobile Telekommunikation)

4.8.4 Welcher Unterschied besteht zwischen einem Mobiltelefon und einem schnurlosen Telefon?

Moderne schnurlose Telefone arbeiten nach dem gleichen Prinzip wie Mobiltelefone. Die Sendeleistung ist aber deutlich geringer, da der für einen Empfang mögliche Abstand zwischen der Hausbasis-Station und dem Handapparat maximal 300 m beträgt. Die maximale Sendeleistung beträgt sowohl für die Hausbasis-Station als auch für den Handapparat ca. 0,01 W.

4.9 Die wichtigsten biologischen und gesundheitlichen Effekte

4.9.1 Elektrosensitivität und -sensibilität

Unter den Begriffen "Elektrosensitivität" oder "Elektrosensibilität", manchmal auch "Hypersensibilität" genannt, bezeichnet man im deutschen Sprachgebrauch eine besondere Empfindsamkeit oder Anfälligkeit gegenüber elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Feldern.

Im Einzelnen verbinden sich damit folgende unterschiedlichen Bedeutungen (nach Prof. Leitgeb):

- Die individuelle Fähigkeit zur verbesserten Wahrnehmung elektrischer Vorgänge und elektromagnetischer Felder, ohne dass damit bereits die Entwicklung von Krankheitssymptomen verbunden ist.
- Die subjektive Überzeugung von Betroffenen, dass vorhandene unspezifische Krankheitssymptome von einwirkenden elektromagnetischen Feldern verursacht werden, nachdem andere Erklärungsversuche gescheitert sind.
- Medizinischer Begriff für Patienten, die unter unspezifischen Krankheitssymptomen ungeklärter Genese (Ursache) leiden.

- Eine erniedrigte Reaktionsschwelle auf einwirkende elektrische Vorgänge und elektromagnetische Felder als kausale Ursache für die Entwicklung von (un-spezifischen) Krankheitssymptomen.

Dabei werden die Begriffe "Elektrosensitivität" und "Elektrosensibilität" sowohl in der Öffentlichkeit als auch in der Fachliteratur in unterschiedlicher Weise diesen verschiedenen Bedeutungen zugeordnet, was die Gefahr von Missverständnissen erhöht.

So schlägt z. B. Prof. Leitgeb folgende Zuordnung vor:

- *Elektrosensibilität* im Sinne der Wahrnehmungsfähigkeit für elektrische Vorgänge und elektromagnetische Felder zu verwenden,
- *Elektrosensitivität* im Sinne der Entwicklung von Krankheitssymptomen als Folge der Einwirkung elektromagnetischer Felder zu sehen.

Wogegen Prof. Frentzel-Beyme folgendermassen definiert:

- *Elektrosensibilität* ist die unbewiesene subjektive Überzeugung, dass die festgestellten Symptome und Beschwerden auf elektrische und magnetische Felder zurückzuführen sind und dass man selber sehr empfindlich dafür sei.
- Bei der *Elektrosensitivität* wird unterschieden zwischen spezifischer Elektrosensitivität (als nachweisbare direkte Wahrnehmung elektrischer und/oder magnetischer Felder) und unspezifischer Elektrosensitivität (als nachweisbare indirekte Wahrnehmung elektrischer und/oder magnetischer Felder etwa in Form von Beschwerden).

Im öffentlichen Sprachgebrauch wird mit "Elektrosensibilität" überwiegend die persönliche Empfindung gesundheitlicher Beschwerden durch elektromagnetische Felder verstanden.

Wissenschaftlich klar bestätigt ist, dass es bei Menschen eine grosse Spannbreite bezüglich der Empfindlichkeit für elektromagnetische Felder gibt. Bestimmte Menschen reagieren besonders leicht auf elektromagnetische Felder, d.h. sie können solche Felder schon bei Feldstärken wahrnehmen, die für die meisten Menschen noch nicht wahrnehmbar sind. Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (1993) können etwa 5 Prozent der Bevölkerung elektrische Felder wahrnehmen, die nur ein Drittel der Feldstärke haben, bei der die „normale“ Bevölkerung diese Felder wahrnehmen kann.

Experimentelle Untersuchungen haben ausserdem gezeigt, dass Frauen im Vergleich zu Männern offenbar eine um etwa 30 Prozent geringere Wahrnehmungsschwelle für elektromagnetische Felder haben.

In verschiedenen Untersuchungen wurde jedoch ebenso deutlich, dass Personen, die sich selbst als empfindlich einschätzen, elektromagnetische Felder nicht unbedingt besser wahrnehmen können als nicht-empfindliche Personen. Das heisst, die eigene Einschätzung, man sei elektrosensitiv bzw. -sensibel, hat nur wenig mit einer tatsächlichen Elektrosensitivität bzw. -sensibilität zu tun.

In der Frage nach dem Anteil an Personen, die unter Beschwerden durch elektromagnetische Felder leiden, gehen Schätzungen von maximal 2 Prozent der Bevölke-

rung aus, wobei sich etwa 10 Prozent davon mit gravierenden Problemen konfrontiert sehen.

Dabei geht es vor allem um Beschwerden wie Kopfschmerz, Magen- und Atembeschwerden, Herzbeschwerden, Schwindelgefühle, Kreuz- und Rückenschmerzen, Müdigkeit oder sexuelle Funktionsstörungen. Oftmals treten die Probleme auch erst nach längerer Einwirkungsdauer der elektromagnetischen Felder auf.

Es ist davon auszugehen, dass elektrische und magnetische Felder nicht die alleinigen Ursachen für solche Probleme sind. Faktoren wie Stress, Lärm, Krankheiten, Chemikalien in Baustoffen und Einrichtungsgegenständen etc. spielen ebenso eine Rolle. Vermutlich ist die Überempfindlichkeit eine Reaktion auf verschiedenste, gleichzeitig auftretende Umweltbelastungen.

Bei Studien wurde festgestellt, dass viele der Betroffenen gleichzeitig an Allergien leiden und teilweise überhöhte Werte von schädlichen Stoffen wie Quecksilber oder Formaldehyd aufwiesen. Bei einigen traten die Probleme nach Zahnersatz- oder Prothesenproblemen auf, wobei bei anderen sich die Beschwerden nach einer Amalgamsanierung besserten.

Zudem zeigen die Ergebnisse schwedischer Studien, dass mit Psychotherapie bei bis zu 70 Prozent der Betroffenen eine wesentliche Besserung der Lebensqualität erreicht werden konnte. Dennoch scheidet bei vielen eine hypochondrische Tendenz aus, was in Tests nachgewiesen wurde.

Es gibt bisher jedoch vergleichsweise wenige Untersuchungen, die sich dieses Problemfelds angenommen haben und eine wissenschaftliche Bestätigung der These der elektromagnetischen Felder als Ursache steht noch aus. Ebenso sieht sich die heutige Schulmedizin noch nicht zu einer Lösung der erwähnten Probleme imstande.

4.9.2 Die Blut-Hirn-Schranke (BHS) und die Beeinflussung durch elektromagnetische Felder

Die meisten Hirnbezirke von Säugetieren werden vor möglicherweise schädigenden Substanzen im Blut durch die so genannte Blut-Hirn-Schranke (BHS) geschützt. Diese wirkt wie ein selektiver Filter in den Blutkapillaren, der ausser von für die Zellatmung erforderlichen gelösten Gasen (Sauerstoff und Kohlendioxid) nur von kleinen fettlöslichen Molekülen leicht überwunden werden kann.

Andere, nicht-fettlösliche Moleküle, welche im Gehirn benötigt werden (z. B. Glucose) können den Filter auch mittels spezieller Trägerproteine überqueren.

Bei Stress-Situationen, Schädeltrauma und verschiedenen Krankheiten kann es zu einer Störung der BHS kommen; Veränderungen, die in der Regel vom Körper aber schnell wieder repariert werden.

Die bisherigen Untersuchungen des Einflusses von durch Mobilfunk verursachten Feldern ergeben noch kein schlüssiges Bild. Gesichert ist nur eine Störung der BHS durch starke Felder mit einem SAR-Wert oberhalb von 5 W/kg, was zu einer Erwärmung führt. Jedoch zeigen verschiedene Ergebnisse unterschiedlicher wissenschaftlicher Qualität auch bei schwächeren (insbesondere gepulsten) Feldern die Möglich-

keit von Störungen, was nach einhelliger Ansicht eine Intensivierung der diesbezüglichen Forschung notwendig erscheinen lässt.

Aus therapeutischer Sicht wäre aber eine kontrollierte Öffnung der BHS ein wesentlicher Fortschritt für die Chemotherapie von Hirntumoren, was bislang noch durch die Undurchlässigkeit der BHS erschwert wird. Auch aus diesem Grund arbeitet die Wissenschaft intensiv an der Untersuchung der Möglichkeiten, die BHS gezielt zu öffnen.

4.9.3 Fortpflanzung und Entwicklung

Unter dieser Überschrift sind alle Aspekte der Fortpflanzung wie Erbguterhalt, Fruchtbarkeit und Entwicklung des Embryos zu verstehen.

Zu Anfang dieser Kette steht die Frage nach der Möglichkeit von genetischen Schäden, die ähnlich zu diskutieren ist wie bei der ersten Phase der Krebsentstehung, der so genannten Initiation. Als nächstes folgt die Betrachtung der Fruchtbarkeit, wie etwa die Menge und Güte der Spermienproduktion und zum Schluss die embryonale Entwicklung.

Untersuchungen auf diesem Gebiet werden überwiegend im Tierexperiment durchgeführt, wobei die direkte Übertragbarkeit auf den Menschen nicht immer gegeben ist und auch die Tierhaltung als solche nicht immer eine fehlerfreie Bewertung sicherstellt.

Ein wesentlicher Faktor z. B. bei der embryonalen Entwicklung ist der Umstand, dass durch den so genannten Skin-Effekt (Beschreibung weiter unten) Hochfrequenzfelder bei kleinen Lebewesen viel stärker auf die innen liegenden Körperteile wirken wie beim Menschen: Aus einem SAR-Wert von über 2 W/kg an der Oberfläche wird bei 900 MHz in 0,5cm Tiefe (z. B. in einer Maus) ca. 1,4 W/kg, in 3,5 cm Tiefe (z. B. unter dem Bauchfell eines Menschen) nur noch 0,2 W/kg. Ein menschlicher Embryo ist also im Mutterleib wesentlich besser vor hochfrequenten Feldern abgeschirmt als der einer Maus.

Die aktuell vorliegenden Untersuchungen, welche sich mit real auftretenden Mobilfunkfeldern befassen, fanden keine signifikante Einflüsse auf die Fortpflanzungsfähigkeit des Menschen.

Bei Bestrahlungen mit höheren Feldstärken oder anderen Bedingungen, die allerdings beim Mobilfunk nicht auftreten, wurden im Tierexperiment dagegen schon eine nachlassende Fortpflanzungsfähigkeit bis hin zur Unfruchtbarkeit (Infertilität) und embryonale Entwicklungsstörungen festgestellt. Dies ist allerdings auch durch die dabei erhöhten Körpertemperaturen zu erklären, da die gleichen Symptome ebenso bei einer anderweitigen Erwärmung auftreten.

Bei anderen Untersuchungen gefundene Störungen (z.B. „Rinderstudie“) sind auch auf Haltungsmängel und Virusinfektionen zurückführbar.

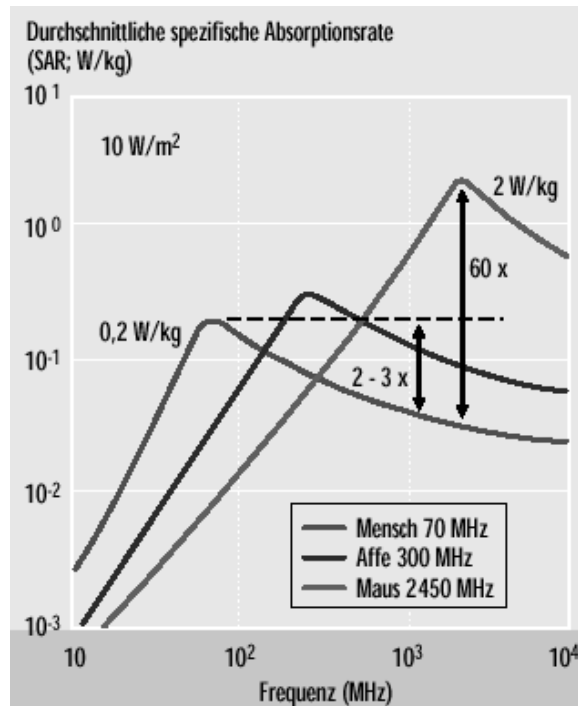
4.9.4 SAR (Spezifische Absorptionsrate, Einheit: W/kg)

Die SAR ist eine physikalische Grösse und ist ein Mass für die Absorption von elektromagnetischen Feldern in biologischem Gewebe, welche zu dessen Erwärmung führt. Sie ergibt sich theoretisch aus dem Betragsquadrat der elektrischen Feldstärke multipliziert mit der elektrischen Leitfähigkeit und geteilt durch die Dichte des jeweiligen Gewebes. Sie ist sowohl stark von der Frequenz, als auch von Resonanzeffekten von der Grösse des absorbierenden Körpers abhängig. Je kleiner der Körper, desto mehr verschiebt sich die maximale aufgenommene Energie zu hohen Frequenzen.

Man unterscheidet zwischen einem Ganzkörper-SAR-Wert, der über den ganzen Körper gemittelt wird, und einen Teilkörper-SAR-Wert über 10 Gramm Gewebe. Beide SAR-Werte basieren auf einer Mittelung über 6-Minuten-Intervalle. Dies folgt aus der thermischen Zeitkonstanten, die nach sechs bis zehn Minuten im Körper eine stationäre Temperaturverteilung bewirkt.

Der Ganzkörper-SAR-Wert kommt zur Anwendung bei Betrachtung der Einflüsse von räumlich weit entfernten, ortsfesten Anlagen (Basisstationen), der Teilkörper-SAR-Wert bei sehr nah befindlichen, portablen Anlagen (z. B. Handys), die bestimmte Körperteile besonders exponieren.

Die SAR kann am Menschen nicht direkt gemessen werden und wird stattdessen rechnerisch aus der (messbaren) Feldstärkeverteilung in Dummys, den sog. Phantomen ermittelt.



Obenstehende Grafik zeigt die durchschnittliche spezifische Absorptionsrate für drei Spezies, die einer Leistungsflussdichte von 10 W/m² bei verschiedenen Frequenzen ausgesetzt werden, jeweils gemittelt über den ganzen Körper.

Die Absorption der Hochfrequenz hängt von mehreren Faktoren ab, wobei die Grösse des Objekts eine wichtige Rolle spielt:

Die Resonanzfrequenz ergibt sich, wenn die halbe Wellenlänge etwa der Grösse des Objekts entspricht. Bei kleineren Personen, Kindern und Babys liegt die Resonanzfrequenz daher höher.

Man erkennt, dass bei 2,45 GHz eine Maus etwa 60mal mehr Energie absorbiert als der Mensch bei gleicher Frequenz, gemittelt über den ganzen Körper und bezogen auf die gleiche Masse.

Dies ist bei Extrapolation von Tierversuchen auf die Verhältnisse beim Menschen zu beachten.

(Quelle: Jürgen Helmut Bernhardt, Gesundheitliche Aspekte des Mobilfunks, Deutsches Ärzteblatt 96, Heft 13, 2. April 1999)

4.9.5 Der Skin-Effekt

Der Skin-Effekt ist die Eigenschaft eines Wechsel- bzw. Hochfrequenz-Stromes in einem Leiter durch Prozesse der Induktion Feldlinien an die Oberfläche zu drängen. Dies begrenzt die Eindringtiefe eines von aussen eingestrahnten elektromagnetischen

Feldes in das Objekt und somit auch dessen Wirksamkeit im Innern. Als Mass wurde die Halbwertschichtdicke eingeführt, das ist die Tiefe, bei welcher die Feldstärke auf die Hälfte gegenüber der an der Oberfläche abgesunken ist. Die Halbwertschichtdicke ist umgekehrt proportional zur Wurzel von der Frequenz und der Leitfähigkeit des Objektes.

Ein anderes Mass ist die Eindringtiefe, das ist die Tiefe, bei welcher die Feldstärke auf $1/e$, also auf ca. 37 Prozent abgefallen ist (e ist hier der natürliche Logarithmus). Während bei homogenen Materialien bei Kenntnis der elektrischen Eigenschaften die Berechnung der Halbwertschichtdicke bzw. Eindringtiefe einfach ist, sind die Verhältnisse bei biologischen Organismen wie dem Mensch komplexer.

Durch grössenabhängige Resonanzeffekte und unterschiedliche Leitfähigkeiten der verschiedenen Gewebearten sowie weitere Effekte ist das Absorptionsverhalten sehr vielfältig und entzieht sich einer Verallgemeinerung.

Grob gesagt ist hier die Eindringtiefe von der Frequenz und dem Wassergehalt des Gewebes abhängig, und ist z. B. für Knochen und Fett etwa 3- bis 5fach höher als für Muskelgewebe.

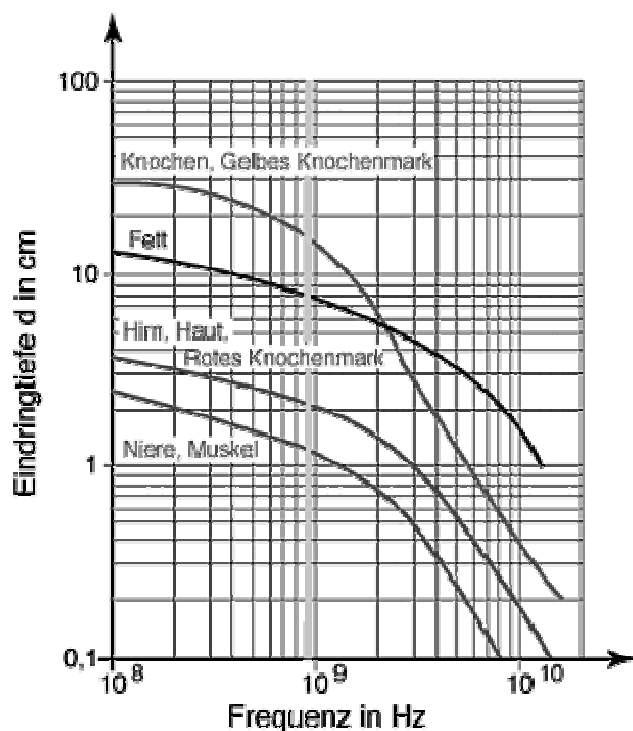
Beispiel für die Abnahme der spezifischen Absorptionsrate (SAR) in Abhängigkeit von der Tiefe im biologischen Gewebe bei Mobilfunkfrequenzen:	Oberfläche:	2,35 W/kg
	0,5 cm Tiefe:	1,42 W/kg
	1cm Tiefe:	0,88 W/kg
	2 cm Tiefe:	0,4 W/kg
	3,5 cm Tiefe:	0,2 W/kg

(Quelle: www.ralf-woelfle.de)

Eindringtiefe in Abhängigkeit von Frequenz und Gewebeart

Die Frequenz 900 MHz für das GSM-Band ist gelb markiert

(Quelle: www.ralf-woelfle.de)



Je kleiner also ein Lebewesen ist, desto stärker erreichen von aussen angelegte elektromagnetische Felder die inneren Organe. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse von unbedacht durchgeführten Tierversuchen auch nur sehr begrenzt auf den Menschen übertragbar. Ein hochfrequentes Feld, welches z. B. eine Maus aufgrund ihrer Grösse völlig durchdringt und alle ihre Organe beeinflusst, erreicht diese beim Menschen nur abgeschwächt.

5. VERWANDTE SYSTEME

5.1 Funkanwendungen mit ISM-Frequenzen

Die Abkürzung ISM steht für "Industrial Scientific and Medical", also für Hochfrequenzgeräte in Industrie, Wissenschaft und Medizin.

Die dafür international zugewiesenen ISM-Frequenzen waren ursprünglich für leistungsstarke Geräte wie Funkerosionsmaschinen, Mikrowellenherde oder für die Hochfrequenzbestrahlung in der Medizin (Diathermie) gedacht, werden zunehmend jedoch auch für andere Funkübertragungssysteme mit geringer Sendeleistung des täglichen Gebrauchs wie Funkfernbedienungen oder Funkkopfhörer verwendet.

Vorteil dieser Anwendungen bei ISM-Frequenzen ist der Wegfall der Anmeldepflicht und der gebührenfreie Betrieb; sie benötigen alleine eine gerätespezifische Prüfung und Zulassung (CE-Zeichen).

5.2 Anwendungen

Von den unten aufgeführten ISM-Frequenzen werden besonders diese um 27 MHz, 433 MHz und 2400 MHz genutzt, wobei den Geräten mit grossen Leistungen bis einige hundert Watt wie Amateurfunkgeräte, Mikrowellenherde oder Diathermiegeräte auf der anderen Seite Geräte mit sehr kleinen Sendeleistungen gegenüber stehen

Einige Beispiele dafür:

Babyphones	Fahrzeugöffner	Funkalarmanlagen
Handfunkgeräte	Garagentoröffner	PC-Funkmäuse
Funkmikrophone	Wegfahrsperrern	Drahtlose PC-Tastaturen
Funk-Kopfhörer	Zutrittskontrollsysteme	Paging-Systeme
Videoübertragungssysteme	Funkthermometer	Wireless LAN's
Fernsteuerungen	Drahtlose Bewegungsmelder	Bluetooth

5.3 DECT - Digitales schnurloses Telefonsystem

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication) ist ein mittlerweile quasi-weltweiter Standard für ein digitales schnurloses Telefonsystem. Die Anlagen bestehen aus einer (oder auch mehreren) Basisstationen, welche an das normale Telefonnetz angeschlossen werden und einem oder mehreren Mobilgeräten, welche mit diesen kommunizieren können. Die Basisstationen für die Heimanwendung sind für gewöhnlich mit dem Ladegerät für das Mobilgerät kombiniert und kennzeichnen sich durch eine kurze Stummelantenne.

Diese Anlagen arbeiten mit einem digitalen Übertragungsverfahren und verwenden zu Erhöhung der verfügbaren Kanalanzahl (Teilnehmerzahl) sowohl verschiedene Frequenzkanäle wie auch eine Zeitschlitzstruktur, was zu einem gepulsten Sendesignal führt.

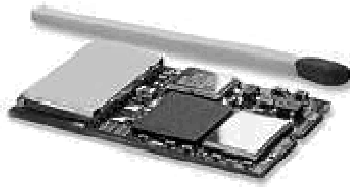
5.4 "Elektrosmog"-Aspekte

Durch ihren Betrieb innerhalb der eigenen Wohnung erhöhen DECT-Telefone die Belastung durch elektromagnetische Felder zusätzlich, wobei kritische Stimmen besonders drei Merkmale dieses DECT-Standards negativ hervorheben:

- DECT-Telefone benutzen zum Datentransfer ein gepulstes Signal, das mit einer Pulsfrequenz von 100 Hz arbeitet.
- DECT-Telefone senden ihr gepulstes Signal nicht nur im Sende-, sondern auch im stand-by-Betrieb.
- Die Ausgangsleistung der DECT-Telefone ist nicht regelbar, d.h. die Telefone passen, im Gegensatz zu Mobiltelefonen, ihre Ausgangsleistung nicht den Ausbreitungsbedingungen an, sondern senden stets mit maximaler Ausgangsleistung

5.5 Bluetooth - Eine drahtlose Datenschnittstelle

Bluetooth (benannt nach dem Wikingerkönig Harald Blauzahn) ist eine international standardisierte Datenschnittstelle mit Funkübertragung. Bluetooth-Geräte arbeiten im lizenzfreien 2,4 GHz ISM-Band (Industrial Scientific Medical Band) und sollen z. B. Handys mit Notebook-Computern verbinden, aber auch PC mit Druckern oder Waschmaschinen mit einer Hauszentrale. Grundgedanke ist der Ersatz von Kabel-Datenleitungen durch eine standardisierte und sichere Funkübertragung mit einer Brutto-Datenrate von bis zu 1MBit/s. Durch eine kleine Baugröße (geldstückgross), niedrige Kosten (zukünftig ca. 5 Euro) und eine geringe, für Dauerbatteriebetrieb geeignete Stromaufnahme wird für die Zukunft eine weite Verbreitung vorhergesehen. Die Reichweite beträgt standardmässig ca. 10 Meter, für besondere Anwendungen mit Zusatzverstärkern jedoch bis zu 100 m.



Ein Bluetooth-Modul

(Quelle: www.ralf-woelfle.de)

Da Bluetooth-Geräte oft für Batteriebetrieb bestimmt sind, besitzen sie unterschiedliche Stromsparmechanismen, wozu auch die Reduzierung der Sendeleistung gehört. So gibt es für Phasen ohne notwendige Datenübertragung einen völlig sendefreien Stand-By-Betrieb, wo sie nur im Abstand von 1,28 Sekunden passiv den gesamten Frequenzbereich abhören, oder einen so genannten "Sniff"-Modus, während welchem in unterschiedlicher Häufigkeit sendeaktiv nach dem Bedarf an Kommunikation nachgefragt wird.

Grob berechnet beträgt im Sendebetrieb die Leistungsflussdichte (bei 1 mW Sendeleistung) in einem Meter Abstand ca. $125 \mu\text{W}/\text{m}^2$, in 10 Meter Abstand ca. $1,25 \mu\text{W}/\text{m}^2$.

5.6 Polycom (Sicherheitsfunksystem)

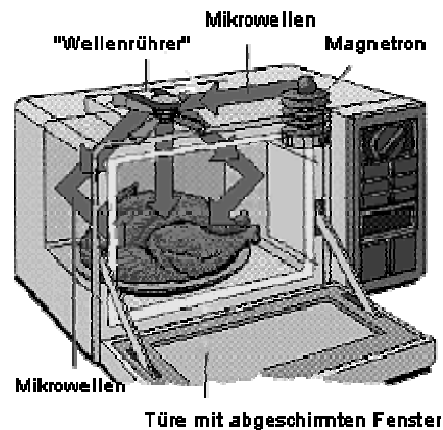
Das schweizerische Sicherheitsnetzwerk POLCOM beruht auf der Basis von Tetrapol und ist in Liechtenstein für die neue Funkübertragung vorerst für die Grenzschutz und Polizei in Vorbereitung. Dieses Sicherheitsfunknetz arbeitet zwar wie beim GSM-Mobilfunk mit digitaler Übertragung der Sprach- und Datensignale, doch unterscheidet es sich im Kanalzugriffsverfahren. POLYCOM erlaubt grössere Reichweiten bei gleicher Sendespitzenleistung, so dass weniger Basisstationen benötigt werden und verfügt über eine Sende-Leistungsregelung für das Mobilgerät, was in entsprechenden Umgebungen eine kleinere Sendeleistung ergibt. Auch für dieses Sicherheitsfunksystem gibt es Grenzwerte, die eingehalten werden müssen.

5.7 Der Mikrowellenherd

Bei einem Mikrowellenherd werden Speisen nicht durch Kontakt mit einer heissen Fläche oder heisser Luft, sondern durch Absorption von Mikrowellen erwärmt. Diese versetzen die Wassermoleküle des Garguts in Schwingungen. Deren Bewegungen erzeugen schliesslich Wärme.

5.7.1 Die Funktionsweise des Mikrowellenherds

Die zu verwendenden Mikrowellen werden durch eine besondere Art einer Vakuumröhre erzeugt, einer so genannten Magnetfeldröhre oder Magnetron. In solch einem Magnetron wird aus einer durch einen Hochspannungstransformator erzeugten Hochspannung von etwa 4000 Volt ein Elektronenstrom gebildet, welcher durch ein mittels einer Spule gebildetes Magnetfeld in eine kreisförmige Bahn gelenkt wird. Durch Schlitze und Resonator-kammern entstehen dabei wie bei einer Pfeife hochfrequente Schwingungen, die Mikrowellen, welche in den Garraum geleitet werden. Die metallischen Wände und das mit einem Drahtgitter versehene Fenster in der Türe des Garraumes reflektieren die eingeleiteten Mikrowellen mehrfach darin, wobei sich diese in Abhängigkeit von den Abmessungen und dem Gargut überlagern und je nach genauem Ort verschieden starke Feldstärken (und Wirkung) entfalten. Zwecks einer gleichförmigen Erwärmung werden deshalb entweder die Speisen mit einem Drehteller gedreht und/oder die Mikrowellen mit einem sich drehenden metallischen Flügel (Wobbler oder "Wellenrührer") ungleichmässig reflektiert.



(Quelle: www.ralf-woelfle.de)

5.7.2 Die Sendefrequenz von 2.455 MHz

Die beim Mikrowellenherd zum Erwärmen verwendete Frequenz liegt bei 2.455 MHz mit einer Leistung von einigen hundert Watt. Es ist ein weit verbreiteter Irrtum, dass diese Frequenz die Resonanzfrequenz von Wasser sei oder in dessen Nähe liegt: Die Resonanzfrequenz von Wasser liegt weit höher, für einzelne Moleküle nämlich in der Nähe von 20.000 MHz (20 GHz) und hat insgesamt kein ausgeprägtes Maximum. Dagegen liegt die Frequenz von 2.455 MHz in einem eigens für technische Zwecke freigegebenen Frequenzband (ISM-Band) und wurde deshalb ausgewählt, da bei dieser Frequenz die Funkwellen noch tief genug ins Gargut eindringen und dieses dadurch effektiv erwärmen können (zur begrenzten Eindringtiefe siehe bei Skin-Effekt).

5.7.3 Die Sicherheit beim Mikrowellenherd

Die im Garraum vorhandenen Mikrowellen werden durch dessen metallische Wände und durch ein Drahtgitter in der Türe zwar stark, aber nicht vollständig abgeschirmt.

Der in Deutschland vorgeschriebene Grenzwert für die aussen gemessene Leistungsflussdichte liegt bei 5 mW/cm^2 (50 W/m^2) in 5cm Abstand. Bei diesem Grenzwert ist in einem Meter Abstand die Leistungsdichte bereits auf weniger als $0,01 \text{ mW/cm}^2$ ($0,1 \text{ W/m}^2$) abgesunken. Die üblichen Geräte liegen durchweg noch um den Faktor Zehn und mehr darunter.

Mehrere Sicherheitsschalter verhindern, dass das Gerät auch bei geöffneter Türe arbeitet. Daher sollte an dieser nicht manipuliert werden, ebenso wie ein an Fenster oder Türdichtung schadhafte Gerät repariert bzw. ausgetauscht werden sollte.

5.8 Radaranlagen

In der Radartechnik (Radar: Radio Detection and Ranging) werden die auf einen kurzen Sendeimpuls folgenden Echos zur Ortung von Funkwellenreflektierenden Objekten ausgewertet. Nach ersten Radaranwendungen bereits im Jahr 1904 erfolgte nach der Entwicklung leistungsstarker Senderöhren im Zweiten Weltkrieg der breite Durchbruch dieser Funkanwendung, wobei es heute sehr vielfältige Anwendungen von Ortungsverfahren aller Art über Satellitenleitsysteme bis zur Nutzung bei der Wettervorhersage gibt.



(Quelle: www.ralfwoelfle.de)

Bei Radargeräten werden Funkwellen in kurzen Impulsen ausgesendet, um aus dem zeitlichen Abstand des vom reflektierenden Objekt zurückgesandten Signals die Entfernung berechnen zu können. Zudem kann aus der durch den Doppler-Effekt erfolgten Frequenzverschiebung des Empfangssignals abgeleitet werden, ob sich das Objekt nähert oder entfernt. Die verwendeten Frequenzen sind von dem Einsatzzweck abhängig, wobei die Reichweite mit wachsender Frequenz sinkt und die Auflösung dagegen steigt. Die meisten Radaranwendungen arbeiten im Frequenzbereich von etwa 1 bis 40 GHz. Die Sendeleistungen sind ebenfalls sehr unterschiedlich, sie reichen von wenigen Milliwatt für Abstandswarner bis hin zu mehreren Megawatt bei Radaranlagen mit grosser Reichweite. Die Sendeantennen sind stark bündelnde Richtantennen, die für Ortungsanwendungen zudem noch rotieren können, um einen weiteren Bereich abzudecken.

5.8.1 Verkehrsradar

Am bekanntesten sind hier die Systeme zur Geschwindigkeitsüberwachung, welche die Geschwindigkeit aufgrund der Frequenzverschiebung zwischen ausgesandter und empfangener Welle (Doppler-Effekt) messen können. Dazu arbeiten sie mit einem permanenten Sendesignal je nach Typ im Frequenzbereich von 9 bis 35 GHz und mit Sendeleistungen bis etwa 0,5 Watt EIRP. Die Leistungsflussdichte bei diesen Anla-

gen beträgt direkt an der Antenne bis zu 4 W/m², im Abstand von 5 Meter sind es noch bis zu etwa 0,07 W/m².

In letzter Zeit werden vermehrt auch radargestützte Abstandswarnsysteme für Fahrzeuge getestet und angeboten, welche im Frequenzbereich von 40 bis 150 GHz mit Sendeleistungen deutlich unter einem Watt arbeiten.

Weitere Radaranwendungen:

- Flugsicherungsradar
- Schiffsradar
- Militärisches Radar

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Regierung ist der Auffassung, dass die gesundheitsverträglichen Aspekte des Mobilfunks einer laufenden Prüfung unterzogen werden müssen. Daher setzt sie sich dafür ein, dass diesbezügliche Argumente ernst genommen und so gesundheitsverträgliche Grenzwerte geschaffen und auch eingehalten werden. Die Regierung setzt dabei insbesondere auch auf die Eigenverantwortung der Mobilfunk-Benutzer. Schliesslich geht der Grundsatz, dass Wirtschaft und Bevölkerung ein zentrales Bedürfnis nach elektronischen Kommunikationsdienstleistungen und auch ein Recht auf mobile Kommunikation haben, mit einem hohen Mass an Eigenverantwortung einher. Die Regierung spricht sich in diesem Zusammenhang deshalb nicht für spezifische Auflagen gegenüber den Mobilfunk-Benutzern aus. Dies würde einen massiven Eingriff in die Handlungsfreiheit eines jeden Individuums bedeuten, was nicht zuletzt auch einer liberalen Wirtschaftsordnung widersprechen würde. Hingegen unterstützt die Regierung die Bestrebungen von Interessensvertretern, gesundheitsverträgliche Grenzwerte umfassend zu diskutieren und diese entsprechend internationalen Normen und Abkommen festzulegen. Ziel der Regierung ist es dabei aber auch, die Grenzwerte mit den Nachbarstaaten zu harmonisieren, um so die Funktionalität der liechtensteinischen Ressourcen gleichwertig zu fördern und zu nutzen.

Gleichzeitig möchte die Regierung auch nützliche Hinweise für die Nutzung mobiler Kommunikationsdienstleistungen vermitteln. Schliesslich liegt es im Ermessen jedes Benutzers der Mobilfunk-Technologie, gewisse zentrale Vorsorgegrundsätze anzuwenden:

- In erster Linie gilt in der Nutzung des Mobilfunks: «In der Kürze liegt die Würze». Je länger man telefoniert, desto länger ist man auch der Strahlung ausgesetzt.
- Die Belastung direkt am Kopf lässt sich verringern, indem man ein Mobiltelefon mit Freisprecheinrichtung benutzt oder - falls dies nicht möglich ist - ein Gerät kauft, das möglichst strahlungsarm ist.
- Nach Möglichkeit sollte ein Mobiltelefon mit Freisprecheinrichtung gekauft werden. Dadurch wird erreicht, dass der Abstand zwischen der Antenne des Mobiltelefons und dem Kopf des Benutzers grösser ist. So ist die Strahlungsleistung in der Nähe des Kopf tiefer.

- Beim Kauf eines Mobiltelefons sollte man sich über die im Kopf absorbierte Strahlung informieren. Es empfiehlt sich dabei der Kauf eines Gerätes mit möglichst niedriger Strahlungsbelastung (SAR-Wert).
- Im Auto sollte nur über eine Aussenantenne telefoniert werden. Die Metallkarosserie des Fahrzeugs reflektiert nämlich die Strahlung eines Mobiltelefons im Inneren des Autos hin und her. So dringt die Strahlung nur begrenzt nach außen durch. Als Folge dessen regelt das Mobiltelefon die Sendeleistung hoch, um dennoch eine genügende Verbindungsqualität zu erreichen, was wiederum eine erhöhte Belastung bedeutet.