

Elektromagnetische Strahlung und Gesundheit



Landesagentur für Umwelt und Arbeitsschutz



Abteilung
Gesundheitswesen

Inhalt

1.	Wie funktioniert der Mobilfunk ?.....Seite	4
2.	Welche physikalischen Eigenschaften haben die für den Mobilfunk verwendeten elektromagnetischen Wellen?Seite	8
3.	Wie stark strahlen Mobiltelefone und Basisstationen?.....Seite	11
4.	Einige einfache Verhaltensregeln beim Umgang mit MobiltelefonenSeite	13
5.	Die biologische Wirkung elektromagnetischer WellenSeite	15
6.	Grenzwerte für die Exposition an elektromagnetischen FeldernSeite	21
7.	Wie ist die Lage in Südtirol?Seite	24
8.	Der Kataster der fixen Emissionsquellen für elektrische, magnetische und elektromagnetische FelderSeite	26
9.	Wo kann man eine Messung beantragen und weitere Informationen erhalten?Seite	27



Für Hinweise und Beratung bedankt man sich bei:

Dott. G. D'Amore – ARPA Piemonte - Dipartimento Ivrea, via Jervis 30 - Ivrea.

Dott. M. Grandolfo - Laboratorio di Fisica – Istituto Superiore di Sanità, V.le Regina Elena 299 – ROMA

Ing. G. A. Lovisolo – Laboratorio bioelettromagnetico, sezione di tossicologia e scienze biomediche, unità di biotecnologia, Centro di ricerca ENEA, Casaccia (ROMA)

Dott. G. Macaccaro – Azienda sanitaria di Bolzano – Servizio multizonale di medicina del lavoro – Via del Ronco - BOLZANO

IMPRESSUM

Herausgeber: Autonome Provinz Bozen - Südtirol - Assessorat für Gesundheits- und Sozialwesen - Amt für Hygiene und öffentliche Gesundheit gemeinsam mit der Landesagentur für Umwelt- und Arbeitsschutz - Labor für physikalische Chemie

Texte: Dr. Luigi Minach - Direktor des Landeslabors für physikalische Chemie der Landesagentur für Umwelt- und Arbeitsschutz
Dr. Giulia Morosetti - geschäftsführende Direktorin Landesamt für Amt für Hygiene und öffentliche Gesundheit

Übersetzung: Dr. Alberto Clò - Bozen

Grafik: Casanova - Werbung und Kommunikation - Bozen

Druck: Druckerei - 2002



Vorwort

Viele chemische, biologische und physikalische Umweltfaktoren natürlicher Herkunft oder von der Tätigkeit des Menschen hervorgerufen, können die Umwelt belasten und somit auch auf die Gesundheit des Menschen einwirken.

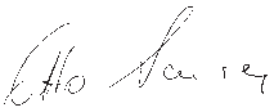
Diese Faktoren zu erkennen, zu messen und zu kontrollieren ist genauso wichtig wie ihre Wirkung auf den menschlichen Organismus zu bewerten und auf geeignete Maßnahmen zur Beseitigung oder zur Verringerung des Risikos hinzuweisen.

Einige dieser Faktoren sind die elektromagnetischen Wellen, denen wir aufgrund der Globalisierung und des unaufhaltsamen Fortschritts im Bereich der Kommunikation und der Technik ständig ausgesetzt sind.

Die folgende Broschüre, vom Assessorat für Gesundheits- und Sozialwesen und dem Assessorat für Umwelt, Energie, Raumordnung und Informatik gemeinsam herausgegeben, möchte über den Bereich Mobilfunk informieren und den Bürger auf Verhaltensregeln und geeignete Maßnahmen hinweisen, um mit dieser neuen Technik, die einen immer größeren Einzug in unseren Alltag findet, besser zurecht zu kommen.

Der Landesrat
für Gesundheits- und Sozialwesen

Dr. Otto Saurer



Der Landesrat
für Natur und Umwelt, Raumordnung,
Wasser und Energie

Dr. Michl Laimer



1. Wie funktioniert der Mobilfunk ?

Die Beliebtheit der Handys hat in den vergangenen Jahren stets zugenommen. Die Tatsache, dass man überall und zu jeder Zeit telefonieren kann bzw. auch erreichbar ist, macht das Mobiltelefon zum derzeit beliebtesten und verbreitetsten Elektrogerät. Die neuen technologischen Entwicklungen und die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten machen auch in Zukunft eine weitere Verbreitung wahrscheinlich.



1.1 Mobiltelefone – Basisstationen

Mobiltelefone sind kleine handliche Sendeanlagen geringer Leistung (ca. 250 mWatt – 2 Watt). Die Gesprächsübermittlung erfolgt dabei nicht von Handy zu Handy, sondern über fixe Sendeanlagen, den sog. Basisstationen. Die Verbindung zwischen Basisstation und dem Handy erfolgt über Funk, mittels elektromagnetischer Wellen (Erklärung siehe weiter im Text). Den Versorgungsbereich einer Basisstation nennt man Funkzelle.

1.2 Das Mobilfunknetz hat eine Zellenstruktur (Funkzelle)

Bei einem Mobilfunknetz wird der gesamte Versorgungsbereich (Stadt, Landgebiet) in eine Vielzahl von aneinander angrenzenden „Funkzellen“ eingeteilt. In jeder Funkzelle befindet sich eine Basisstation. Eine Basisstation besteht aus mehreren Sende- und Empfangsantennen, die üblicherweise auf einem Dach, Sendemasten, Beleuchtungsmasten oder anderen Plätzen aufgestellt sind (siehe dazu Bild 1). Die einzelnen Basisstationen sind untereinander mit den zentralen Vermittlungsstellen wie im herkömmlichen Telefonnetz



über Kabel, Richtfunk oder Glasfaser verbunden.



BILD 1) Basisstationen für den Mobilfunk. Sie bestehen aus mehreren Sende- und Empfangsantennen, die üblicherweise auf einem Dach, Sendemasten, Beleuchtungsmasten oder anderen Plätzen aufgestellt sind.

1.3 Größe und Anzahl der Funkzellen

Die Größe und Anzahl der Funkzellen wird durch die erwartete Anzahl von Mobiltelefonbenutzern bestimmt. Jede Basisstation kann nur eine begrenzte Anzahl von Mobiltelefonen gleichzeitig versorgen. Eine typische Basisstation hat drei Sendezellen, wobei jede Sendezelle gleichzeitig ca. vierzig Telefonate übernehmen kann. Übersteigt die Zahl der geführten Gespräche die Leistung der Basisstation, müssen weitere Basisstationen errichtet werden; die Funkzelle wird also weiter unterteilt. Also: Je mehr Handys, desto mehr Basisstationen. In der Stadt beträgt der typische Durchmesser (Versorgungsbereich) einer Funkzelle einige hundert Meter. Auf dem Land können diese hingegen, angesichts der geringeren Anzahl gleichzeitig geführter Telefongespräche, deutlich größer ausgelegt werden (ca. 2 - 10 km Durchmesser).

1.4 Die Übertragung der Telefongespräche

Zur Übertragung der Telefongespräche wird entweder ein analoges oder ein digitales Übertragungssignal angewandt. Bei der älteren, analogen Übertragung wird die Änderung der Information (Sprache) durch eine analoge Änderung der Informationsgröße (z.B. Frequenzmodulation: Frequenz der Trägerwelle ändert sich im Takt der Sprache) übertragen (z.B. TACS-System Total Access Communications System). Bei der digitalen Übertra-



gung wird die Änderung der Information (Sprache) in Zahlen umgewandelt und durch die Änderung einer Folge von Null- und Eins-Signalen übermittelt (z.B. GSM 900 oder 1800 MHz, global system for mobile communications). Es handelt sich dabei um einen für Europa einheitlichen Standard der mobilen Telekommunikation.

Daneben gibt es dann noch die schnurlosen Telefone z.B. das DECT digital encoded cordless telecommunication system. Diese Technik beruht auf demselben Prinzip der Mobiltelefone, ist aber bei deutlich geringerer Leistung, auf den Hausbereich beschränkt. Dessen Reichweite beträgt im Freien normalerweise nur ca. 200 - 300 m. In Zukunft wird es dann das UMTS universal mobile telephone system geben, welches besonders auch für die Datenübertragung ausgelegt sein wird.

Jedes Handy (GSM, TACS) sendet im Bereitschaftsmodus in bestimmten Zeitabständen oder bei jedem Überschreiten einer Funkzellengrenze eine individuelle Kennung, sodass der Zentralrechner jederzeit genau darüber informiert ist, in welcher Funkzelle sich der Teilnehmer gerade befindet. Bei einem Anruf wird automatisch die richtige Funkzelle angesteuert und über diese die Verbindung mit dem Teilnehmer hergestellt. Wenn sich der Teilnehmer aus der ursprünglichen Zelle entfernt, wird von der zentralen Vermittlungsstelle das Gespräch automatisch und ohne Unterbrechung, an die nächste Basisstation weitergeleitet. Bei Anruf vom Mobiltelefon aus wird ebenfalls automatisch die Basisstation mit dem besten Empfang (Signalstärke) angesteuert.

Damit in einer Zelle möglichst viele Teilnehmer gleichzeitig telefonieren können, müssen die jeweiligen Funksignale unterscheidbar sein. Um dies zu erreichen, bedient man sich zweier Verfahren bzw. bei digitalen Systemen üblicherweise der Kombination beider Möglichkeiten.

- a) Man kann für jedes Gespräch verschiedene Trägerfrequenzen (sog. Frequenzmultiplex-System) verwenden. Da allerdings die zugewiesenen Frequenzen begrenzt sind, ist diese Möglichkeit bald erschöpft. Zwar können in nicht benachbarten Funkzellen dieselben Sendefrequenzen zur Übertragung weiterer Telefongespräche mehrfach genutzt werden, das Funksignal muss aber der Zellengröße genau angepasst sein. Dringt dieses mit gleicher Frequenz in eine benachbarte Zelle ein, kommt es zu Interferenzen.
- b) Eine bessere Möglichkeit zur Unterscheidung der Signale besteht darin, dass alle Mobiltelefone zeitversetzt senden und empfangen (sog. Zeitmultiplex-System). Bei diesem Verfahren wird das Gespräch vom Handy in eine digitale Form umgewandelt, komprimiert und nur während eines ganz kurzen Zeitschlitzes von 0,577 Millisekunden (ms) an die Basisstation übertragen. Anschließend erfolgt für das betreffende Handy eine Pause, während die Basisstation für weitere 7 Zeitschlitzte zu je 0,577 ms die Gespräche anderer 7 Teilnehmer weiterleiten kann. Dies entspricht insgesamt einem Zeitrahmen



von 4,6 ms, also 8 Zeitschlitze zu je 0,577 ms. Nach dieser Zeit (4,6ms) wird wieder für 0,577 ms die Verbindung zum ersten Handy hergestellt und dessen Informationspaket übertragen, usw.. Das Handy sendet also nur alle 4,6 ms (217 mal pro Sekunde). Durch das Zeitmultiplex-System ergibt sich beim Mobiltelefon ein gepulstes Signal, in dem sich die Pulse alle 217 mal pro Sekunde (217 Hz) wiederholen.



2. Welche physikalischen Eigenschaften haben die für den Mobilfunk verwendeten elektromagnetischen Wellen?

Zur Nachrichtenübermittlung (Radio, Fernsehen, usw.), so auch im Bereich des Mobilfunks, verwendet man hochfrequente elektromagnetische Wellen. Einige wichtige Eigenschaften dieser Strahlungsart können wie folgt zusammengefasst werden.

Eine für unsere Betrachtung wesentliche Eigenschaft der hochfrequenten Strahlung besteht darin, dass sie gerichtet abgestrahlt werden kann. Dieser Umstand hat eine große technische Bedeutung, denn durch Auswahl geeigneter Antennen kann man nur in bestimmte Richtungen senden und empfangen. Man spricht von der Abstrahlungscharakteristik der Antennen.

2.1 Einige Eigenschaften hochfrequenter elektromagnetischer Wellen

- Sie können gerichtet abgestrahlt werden (vergleichbar der Lichtbündelung beim Autoscheinwerfer).
- Ihre elektromagnetische Feldstärke nimmt mit der Entfernung schnell ab. Sowohl die elektrische als auch die magnetische Feldstärke nimmt mit dem Abstand zur Antenne entsprechend $1/r$ ($1/\text{Abstand}$). Beispiel: Bei 10 fachem Abstand zur Antenne beträgt die elektrische Feldstärke nur $1/10$ des ursprünglichen Abstandes. (Tab. 1)

Abstand in m	elektrische Feldstärke V/m
10	10
50	2
100	1
200	0,5

Tabelle 1.

- Sie werden durch viele Baumaterialien stark gedämpft.
- Bei hochfrequenten elektromagnetischen Wellen nimmt die Eindringtiefe in den menschlichen Körper mit zunehmender Frequenz ab.



- Durch geschlossene Metallfolienauskleidung können elektromagnetische Wellen vollständig abgeschirmt werden.

2.2 Die Abstrahlungscharakteristik der Antennen

Um eine gezielte Abdeckung zu erreichen, verwendet man in der Nachrichtentechnik spezielle Antennen mit einer sog. horizontalen und vertikalen Richtcharakteristik, das heißt die Antenne sendet nicht gleichförmig in alle Richtungen, sondern hauptsächlich nur in eine bestimmte Richtung. Man kann damit die gesamte Antennenenergie auf das gewünschte Zielgebiet konzentrieren, ohne Leistung an andere Richtungen zu verlieren, in denen es z.B. keine Empfänger gibt. Bildlich kann man sich die abgestrahlte Leistung als eine Art Strahlungskegel vorstellen, ähnlich dem Lichtkegel eines Scheinwerfers, welcher von der Antenne ausgeht und sich zunehmend verbreitert, wobei allerdings mit zunehmendem Abstand die Feldstärke abnimmt.

Aufgrund der Strahlungscharakteristik dieser Antennen ist daher für die Bewertung der Strahlenbelastung der Anrainer weniger der Abstand zur Antenne von Bedeutung, sondern vielmehr die Strahlungsrichtung. Ein Haus kann also unmittelbar an eine Sendeanlage angrenzen, wenn die Strahlungsrichtung der Antenne eine andere ist, hat man dort prak-

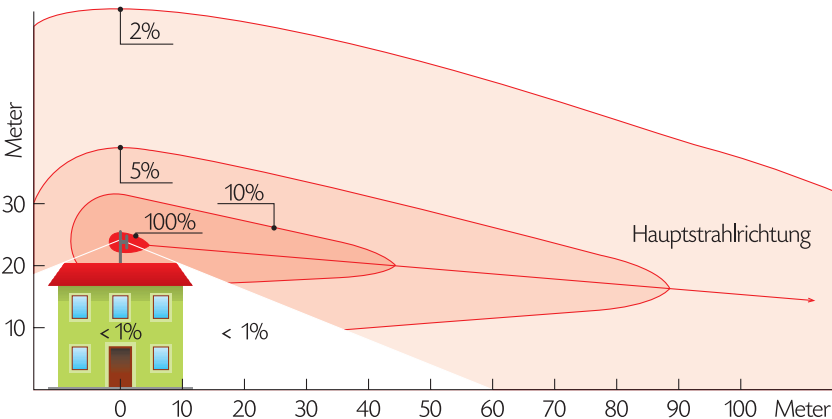


BILD 2) Verteilung der Feldstärke einer Mobilfunkantenne. Das Bild zeigt annähernd die prozentuelle Verteilung der Feldstärke einer Mobilfunkantenne auf einem Hausdach. Normalerweise ist der Vorsorgewert von $6V/m$ in Strahlungsrichtung ab einer Entfernung von 30 - 40 m eingehalten. Das Haus selbst befindet sich im Strahlungsschatten.



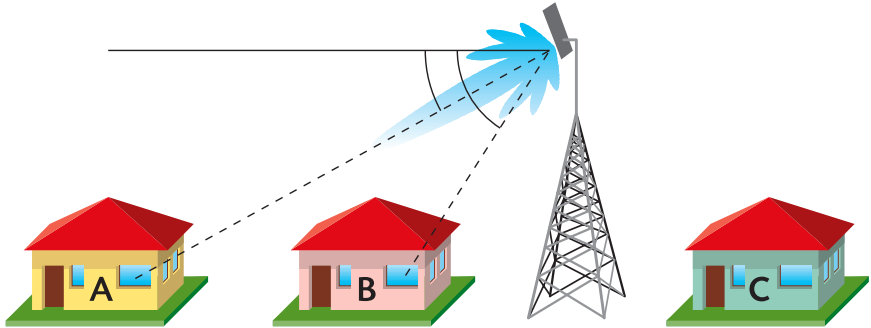


BILD 3) Abstrahlung einer Antenne. Mit zunehmendem Abstand sinkt die Strahlenbelastung. Aber, obwohl sich das Haus A in größerer Entfernung zur Basisstation befindet ist dort die Strahlenbelastung größer als im Haus B, da sich Haus A im Hauptstrahlungskegel befindet. Normalerweise ist der strenge italienische Vorsorgegrenzwert von 6 V/m (siehe weiter im Text) auch in Strahlungsrichtung ab ca. 30 - 40 m Entfernung eingehalten. Haus C, hinter der Antenne, ist von der Strahlung nicht betroffen.

tisch keine oder in Abhängigkeit der Richtung und des Neigungswinkels eine viel geringere Strahlenbelastung. Ähnliches gilt für das Gebäude auf dem die Antennen stehen, denn der nach unten gerichtete Strahlungsanteil ist normalerweise vernachlässigbar. Man vergleiche dazu Bild 2 und Bild 3.

Zusammenfassend: Die Entfernung zur Basisstation alleine, also ohne Berücksichtigung der Strahlungsrichtung der Antenne, erlaubt keine Aussage über die tatsächliche Exposition der Anrainer! Bezüglich der Standortwahl sei daher ausdrücklich darauf hingewiesen, dass vom Gesetzgeber keine fixen Mindestabstände zwischen einer Basisstation und den benachbarten Häusern vorgesehen sind. Diese ergeben sich indirekt in Abhängigkeit der Antennenart, der abgestrahlten Leistung und Richtung. Zur Gesetzeslage siehe weiter im Text.

3. Wie stark strahlen Mobiltelefone und Basisstationen?

Beim Mobiltelefon und bei der Basisstation wird die Sendeleistung laufend automatisch auf dem niedrigsten Wert gehalten. Mauern schwächen die Strahlung. Beim Telefonieren im Hausinneren oder gar im Keller bedarf es daher einer größeren Sendeleistung als im Freien. In beiden Fällen erhöhen das Mobiltelefon und die Basisstation die abgestrahlte Leistung. In Abhängigkeit des Standorts der telefonierenden Personen sind daher die Signalstärken, sowohl bei Mobiltelefonen als auch bei den Basisstationen, laufenden Schwankungen unterworfen. Wenn niemand telefoniert, ist die Strahlenbelastung durch die Basisstation auf ein Minimum reduziert. Würde man mit dem Handy nur im Freien telefonieren, könnte man die abgestrahlte Leistung der Basisstationen um ein Vielfaches reduzieren.

3.1 Die Strahlenbelastung hängt von mehreren Faktoren ab

- Von der abgestrahlten Intensität. Die Strahlenbelastung steigt mit zunehmender Feldstärke bzw. Leistung.
- Von der Entfernung zur Sendeantenne. Die Strahlenbelastung sinkt mit der Entfernung z.B. bei doppelter Entfernung die halbe Strahlenbelastung.
- Von der Antennenart. Die Strahlenbelastung ist abhängig von der Abstrahlungscharakteristik der Antenne. Die Antennen der Basisstationen strahlen hauptsächlich nur in bestimmte Richtungen, außerhalb des Strahlungskegels ist also die Belastung viel geringer. (Siehe Bild 1 und Bild 2).
- Von den Materialien, vom Mauerwerk, von den Dächern, welche die einfallende Strahlung abschirmen oder reflektieren können.
- Auch die Dauer der Bestrahlung kann entscheidend sein (je länger die Bestrahlung, desto größer die Belastung). Genauere wissenschaftliche Forschungen sind diesbezüglich noch notwendig.

3.2 Ein Vergleich zwischen der Strahlenbelastung durch eine Basisstation und einem Handy

- Die Basisstation hat eine viel größere Leistung als ein Handy.



- Die Basisstation steht aber in viel größerer Entfernung zu den Personen. Das Handy wird hingegen unmittelbar am Kopf benützt und daher ist die Belastung für die einzelne Person während des Telefongesprächs viel höher. Auf Grund des Abstandes hat man bei der Basisstation nur eine geringe absorbierte Leistung, beim Handy hingegen im Kopf eine wesentlich höhere absorbierte Leistung.
- Bei der Basisstation hat man eine gleichmäßige Bestrahlung des ganzen Körpers, beim Handy vor allem des Kopfes (Gehirn, Augen).
- Bei der Basisstation ist die Strahlenbelastung zwar schwankend aber andauernd, beim Handy in signifikantem Ausmaß nur während des Telefongesprächs vorhanden.
- Im Hausinneren ist die Feldstärke bedingt durch die Basisstation deutlich abgeschwächt, also deutlich geringer als im Freien, dafür steigt beim Telefonieren im Gebäude die Leistungsabgabe des Handys (automatische Anpassung der Leistung an die schlechteren Sendebedingungen im Gebäude). Telefonieren im Hausinneren führt zu einer höheren Strahlenbelastung.



4. Einige einfache Verhaltensregeln beim Umgang mit Mobiltelefonen

Aus dem bisher Gesagten kann man einige einfache Verhaltensregeln für den Umgang mit Mobiltelefonen ableiten. Grundsätzlich gilt, dass im Sinne der Vorsorge jede unnötige Strahlenbelastung vermieden werden sollte.

- Da die Feldstärke mit dem Abstand rasch abnimmt, ist mehr Abstand zum Handy die einfachste Maßnahme, um die Strahlenbelastung zu verringern (z.B. durch Verwenden des Kopfhörers vergrößert man den Abstand zwischen Kopf und Antenne). Weiters sollte man beim Telefonieren immer die Antenne ganz herausziehen.
- Man sollte das Mobiltelefon nicht als Unterhaltungsgerät für lange Gespräche einsetzen. Besser häufigere und kürzere Anrufe. Bei längeren Gesprächen den Kopfhörer benutzen.
- Beim Telefonieren öfter die „Ohrseite“ wechseln, um die mögliche Erwärmung besser zu verteilen.
- Besonders Kinder sollten nicht zu lange telefonieren, besser SMS schicken (das Handy strahlt nur beim Absenden).
- Auf Grund der schlechteren Abstrahlungsbedingungen im Inneren von Gebäuden (Absorption durch die Hauswände) wird die Leistungsabgabe des Handy automatisch hochgeregelt. Im Inneren von Gebäuden sollte man daher nach Möglichkeit vom Festnetz aus telefonieren.
- Man informiere sich beim Kauf neuer Geräte über deren Strahlungsemission.
- Überall dort, wo der Gebrauch von Mobiltelefonen untersagt ist, sich an die Verbote halten. Es besteht Interferenzgefahr mit lebenswichtigen Geräten z.B. Krankenhaus, Flugzeug.
- In Südtirol ist laut einem Landesbeschluss das Telefonieren mit Handys in Schulen verboten.



- Während der Fahrt im Auto nur mittels Freisprechanlage telefonieren und auch dann nur wenn unbedingt notwendig. Das Risiko eines Autounfalles ist durch das Telefonieren während der Fahrt vergrößert, da das Gespräch selbst unsere Aufmerksamkeit vom Fahrgeschehen ablenkt. Eine Freisprechanlage ist daher auch nicht ganz unproblematisch. Einige Studien zeigten, dass die Reaktionsgeschwindigkeit beim Bremsen des Fahrzeugs während eines Telefongesprächs sogar drei Mal niedriger war als die eines Fahrers mit einem Blutalkoholspiegel von 0,5 Promille (erlaubter Wert 0,5 Promille).



5. Die biologische Wirkung elektromagnetischer Wellen

Die elektromagnetische Strahlung gehört zur Umwelt in der wir leben und arbeiten. Allgemein gesprochen können elektromagnetische Wellen künstlich erzeugt werden (z.B. in der Nachrichtenübermittlung: Radiowellen, Mobilfunk, Radar, usw.) oder natürlichen Ursprungs sein (z.B. Wärmestrahlung, sichtbares Licht, Röntgenstrahlung, Gammastrahlung).

Wir sind also ständig von elektromagnetischen Feldern umgeben und es handelt sich dabei um eine einheitliche physikalische Erscheinung. Alle Felder und Feldwirkungen breiten sich nach dem gleichen Prinzip aus, sie unterscheiden sich aber in ihrer Energie bzw. Frequenz. Unter Frequenz versteht man die Anzahl an Schwingungen der elektromagnetischen Welle pro Sekunde. Sie wird in Hertz (Hz) angegeben. 1Hz bedeutet 1 Schwingung pro Sekunde, 1 Kilohertz (kHz) 1000 Schwingungen pro Sekunde, 1 Megahertz (MHz) 1.000.000 Schwingungen pro Sekunde, 1 Gigahertz (GHz) 1.000.000.000 Schwingungen pro Sekunde. Nach steigendem Energieinhalt (Frequenz) geordnet, können elektromagnetische Felder

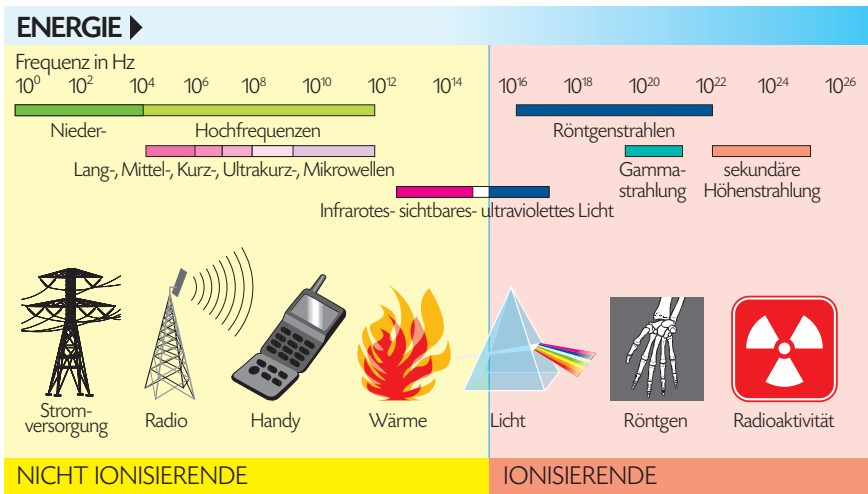


BILD 4) Das Spektrum der elektromagnetischen Strahlungen. Das Bild zeigt die verschiedenen Arten von elektromagnetischen Wellen nach steigender Energie (Frequenz) geordnet. Von entscheidender Bedeutung für unsere Gesundheit ist die Einteilung in nicht ionisierende und ionisierende Strahlung.



im Spektrum der elektromagnetischen Strahlung zusammengefasst und übersichtlich dargestellt werden. Siehe Bild 4.

5.1 Ionisierende und nicht ionisierende Strahlung

Die biologische Wirkung der Strahlung hängt im wesentlichen von ihrer Feldstärke (Intensität der Strahlung) und ihrer Energie (Frequenz) ab. Dabei kann das elektromagnetische Spektrum in zwei größere Bereiche unterteilt werden, in ionisierende Strahlung (z.B. Röntgenstrahlung, Gammastrahlung) und nicht ionisierende Strahlung (z.B. Radiowellen, Mobilfunk), siehe dazu BILD 4. Die Trennungslinie liegt im Bereich gleich oberhalb den Frequenzen des sichtbaren Lichtes (innerhalb des UV-Bereiches): Daher gehört Wärmestrahlung und der niederenergetische Teil der UV-Strahlung zu den nicht ionisierenden Strahlen, während der höherenergetische UV-Anteil bereits zu den ionisierenden Strahlen gezählt wird.

Der Unterschied ist wesentlich, denn diese Strahlungsarten unterscheiden sich im Ausmaß und in der Art der Wechselwirkung mit den Atomen und Molekülen der Materie. Bildlich gesprochen könnte man die Wechselwirkung mit dem Aufprall eines Meteoriten auf einen Planeten vergleichen. Im Fall der ionisierenden Strahlung würden infolge des Aufpralls ganze Bruchstücke des Planeten abgesprengt und ins All geschleudert, die nicht ionisierenden Strahlen lösen hingegen auf dem Planeten lediglich ein Erdbeben (Schwingungen) aus.

- **Die ionisierende Strahlung (IR – Ionizing Radiation):** Ionisierende Strahlung kann aufgrund der hohen Energie aus den einzelnen Atomen Elektronen herausschlagen (Ionisation), wobei einerseits chemische Bindungen aufgebrochen werden oder besonders reaktive Verbindungen entstehen, also beides Vorgänge die im biologischen System größere Schäden anrichten. Es ist allgemein bekannt, dass selbst geringe Dosen z.B. UV-Strahlung und radioaktive Strahlung ernste Gesundheitsschäden erzeugen können (z.B. Hautkrebs, Leukämie).
- **Die nicht ionisierende Strahlung (NIR – Non Ionizing Radiation):** Bei der nicht ionisierenden Strahlung reicht die Energie auch bei noch so großer Feldstärke nicht aus, um Moleküle (Bausteine der Materie) zu ionisieren. Die Moleküle werden lediglich zum Schwingen angeregt und dabei entsteht Reibung und Wärme (z.B. Aufwärmen oder Garen von Speisen im Mikrowellenherd). Erwärmung ist eine der Hauptwirkungen nicht ionisierender Strahlung.



Auch im Bereich der nicht ionisierenden Strahlung ist die biologische Wirkung der Strahlung stark von der Frequenz abhängig. Eine weitere Unterscheidung ist daher zweckmässig:

- **Sehr niedrige Frequenzen (ELF):** Elektrische und magnetische Felder entstehen hauptsächlich im Umfeld von Elektrogeräten und Elektroleitungen im Haushalt und am Arbeitsplatz, im Nahbereich von Hochspannungsleitungen und Transformatorstationen. Im Niederfrequenzbereich können das elektrische und das magnetische Feld getrennt betrachtet werden. Im Niederfrequenzbereich ist vor allem das Magnetfeld von Bedeutung, denn im Gegensatz zu den elektrischen Feldern sind Magnetfelder schwer abzuschirmen. Die Hauptwirkung der niederfrequenten Felder ist die Erzeugung (Induktion) von Strömen in unserem Körper, die sich den körpereigenen Strömen überlagern können. Als Effekte beobachtet man bei hohen Feldstärken (Spannung und Stromstärke) Nerven- und Muskelerregungen (Reizwirkung auf das Zentralnervensystem). Man vermutet aber auch einen Zusammenhang mit dem Auftreten einiger Leukämiefälle bei Kleinkindern, die im Nahbereich von Hochspannungsleitungen wohnen.
- **Radiofrequenzen und Mikrowellen:** Diese hochfrequenten Felder (HF) werden in der Nachrichtentechnik, also z.B. bei den Sendeanlagen, den Funktelefonen oder im Haushalt beim Mikrowellenherd verwendet. Im Hochfrequenzbereich verhalten sich das elektrische und magnetische Feld wie eine Einheit der elektromagnetischen Welle. Sie ist relativ leicht abzuschirmen (z.B. Hausmauern, Blechdach, elektrisch leitende Tapeten). Im Hochfrequenzbereich dominieren bei höheren Feldstärken die thermischen Effekte, das heißt durch Absorption (Aufnahme) der Strahlung wird das betroffene Körpergewebe erwärmt.

Da weiters die biologische Wirkung der elektromagnetischen Felder stark von der Frequenz abhängt, gelten für die verschiedenen Frequenzbereiche auch unterschiedliche Grenzwerte (siehe Grenzwerte).

5.2 Gesundheitliche Auswirkungen hochfrequenter nicht ionisierender Strahlung

Bei den gesundheitlichen Auswirkungen elektromagnetischer Strahlung unterscheidet man ganz allgemein zwischen den thermischen und athermischen Effekten.



5.2.1 Thermische Effekte (akute Effekte)

Von der Wissenschaft anerkannt sind jene Effekte, die durch eine Energieabsorption im bestrahlten biologischen Gewebe und mit der damit verbundenen Temperaturerhöhung zu erklären sind. Es handelt sich dabei meist um kurzzeitige Expositionen mit höheren Leistungen. Als Maß für die vom Körper in einem best. Zeitraum aufgenommene Strahlungsenergie dient die spezifische Absorptionsrate: SAR - Wert in Watt pro kg Körpermasse [W/kg]. Die Basisgröße SAR kann direkt mit der biologischen Wirkung in Verbindung gebracht werden:

- Im Tierexperiment traten bei Bestrahlung nachweisbare Effekte (z.B. Störungen des Stoffwechsels, des Nervensystems, des Verhaltens) erst ab einer Ganzkörper-Temperaturerhöhung von ca. 1° C auf. Dies entspricht einem gemittelten Ganzkörper - SAR -Wert von ca. 2 W/kg. Über 4 W/kg sind Schädigungen möglich. Dieser Wert wird daher allgemein als Schwellenwert für eine gesundheitsbeeinträchtigende Energieabsorption angesehen. Bei mehr als 10 W/kg sind die entstandenen Schäden irreversibel.
- Beim Telefonieren mit einem Handy liegt der Teilkörper-SAR-Wert für den Kopf unter 2 W/kg. Körperliche Aktivitäten, hohe Außentemperaturen, hohe Luftfeuchtigkeit und geringe Luftbewegung können die thermische Belastung durch HF-Expositionen zusätzlich erhöhen. Auch bei älteren Menschen, oder bei Personen, die krank sind (Fieber) oder bestimmte Medikamente einnehmen, kann die thermische Toleranz herabgesetzt sein. Bei Kindern ist grundsätzlich besondere Vorsicht geboten.
- Bei höheren Strahlungsleistungen sind alle weniger durchbluteten Organe (z.B. Hoden, Augapfel) besonders strahlungsempfindlich. Wegen der geringeren Wärmeableitung erwärmen sie sich schneller und sind deswegen stärker gefährdet.
- Als Folge der Exposition durch Radiofrequenzen von Mobilfunkgeräten (beim Telefonieren) vermuten einige Studien eine mögliche Gefährdung der Gesundheit, infolge Erwärmung des Gehirnes, insbesondere bei Kindern (International Expert Group on Mobile Phones - IEGMP – Stewart report). Weitere Studien (siehe Literaturanhang) konnten dies aber bisher nicht weiter erhärten, sodass hier noch viel Forschungsarbeit notwendig sein wird.



5.2.2 Athermische Effekte (Langzeiteffekte)

Abgesehen von den besprochenen thermischen Effekten gibt es aber auch biologische Effekte, die bei wesentlich kleineren SAR-Werten ($< 0,01 \text{ W/kg}$) auftreten und nicht nur mit der Erwärmung erklärt werden können. Man spricht von athermischen Effekten. Es handelt sich meist um Langzeitexpositionen bei sehr geringer Leistung.

Welche Auswirkungen diese Effekte auf die Gesundheit haben können, ist noch nicht genügend geklärt. Zum Teil liegen nur rein experimentelle Hinweise (in vitro oder bei Versuchstieren) vor. Viele Forschungsergebnisse sind aber widersprüchlich.

Einige dieser Studien zeigten:

- Veränderung der enzymatischen Aktivität von Ornithin-Decarboxylase (eine Aktivität dieses Enzyms wird mit Tumoren assoziiert).
- Beeinflussung des Kalziumhaushaltes der Zellen (Ionentransport in und aus der Zelle).
- Veränderung der Zellmembranproteine und des Ionentransportes durch die Zellmembran am Beispiel von Gehirnzellen.
- Die genannten Effekte können zu Veränderungen der Zellfunktion führen. Die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sind jedoch noch zu klären.

Die Wissenschaft konzentriert sich zur Zeit, wie bei anderen Umwelteinflüssen, deren Wirkungsweise noch nicht genügend erforscht ist, auf die Klärung folgender Aspekte:

- Möglicher Zusammenhang zwischen hochfrequenten und niederfrequenten (ELF) - Feldern und verschiedenen Tumorarten, Fortpflanzungsstörungen, angeborenen Missbildungen, Epilepsie, Kopfschmerzen und andere neurophysiologische Störungen (Gedächtnisstörungen, Depression), Störungen des Immunsystems, Schädigung des Augengewebes, erhöhtes Risiko bei Kindern, Schwangeren, älteren Menschen.

Bis jetzt sind keine eindeutigen Aussagen über gesundheitliche Auswirkungen durch nicht thermische Effekte der nicht ionisierenden Strahlung möglich und deshalb kann man diesbezüglich keine „absolut sicheren“ Grenzwerte setzen. Derzeit sind jedenfalls die international festgelegten Sicherheitsgrenzwerte gültig, diese beziehen sich aber primär auf die bekannten und dokumentierten thermischen Effekte.

Auf internationaler Ebene wird aber empfohlen, das Problem der möglichen



Gesundheitsrisiken, die sich aus der Technologie des Mobilfunks ergeben, durch kontinuierliche Forschung und wissenschaftlich korrekt aufgebaute Studien zu überwachen und die Ergebnisse konstant auszuwerten (siehe z.B. IEGMP 2000). Aus diesem Grund ist es auf jeden Fall angebracht, Vorsichtsmaßnahmen in diesem Bereich einzuplanen. Aufgrund der höheren Belastung im Kopfbereich konzentriert sich die Forschungstätigkeit derzeit vor allem auf die Strahlenbelastung durch das Mobiltelefon selbst und weniger auf die Exposition durch die Basisstationen.



6. Grenzwerte für die Exposition an elektromagnetischen Feldern

Die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) hat die Aufgabe, die möglichen gesundheitlichen Risiken bei Belastung durch hochfrequente, nicht ionisierende Strahlung so genau wie möglich zu dokumentieren und zu bewerten und entsprechend den neuesten, gesicherten Erkenntnissen entsprechende Empfehlungen für die Festlegung der Grenzwerte zu geben. Bei diesen Grenzwerten unterscheidet man zwischen Basisgrenzwerten und abgeleiteten Grenzwerten.

6.1 Basisgrenzwerte (Sicherheitsgrenzwerte) für die Allgemeinbevölkerung

Basisgrenzwerte der Exposition an elektromagnetischen Feldern beziehen sich auf gesicherte Schwellenwerte (berücksichtigen also nur die thermischen Effekte). Unter Schwellenwert versteht man den geringsten Wert, bei dem die betrachtete biologische Wirkung gerade noch nicht eintritt.

Der Basisgrenzwert für die Ganzkörperexposition "total body" beträgt 0,08 W/kg. Werden also, wie vorhin besprochen, 4 W/kg als Schwellenwert für eine gesundheitsbeeinträchtigende Energieabsorption herangezogen, liegt dieser Sicherheitsgrenzwert mit 0,08 W/kg, 50 Mal tiefer! Für berufliche Exposition (für 2000 Arbeitsstunden/Jahr) gilt ein Wert von 0,4 W/kg. Quelle: ICNIRP 1998

6.2 Abgeleitete Grenzwerte/Vorsorgewerte der ICNIRP und Situation in Italien

Weil die direkte Bestimmung der SAR-Werte im menschlichen Körper auf große Schwierigkeiten stößt (man müßte dazu im Körper Sonden einpflanzen), man aber trotzdem über einfach zugängliche Messgrößen verfügen möchte, um z.B. die Umgebung einer Sendeanlage charakterisieren zu können, wurden aus den Basisgrenzwerten – unter der Annahme der ungünstigsten Expositionsbedingungen - abgeleitete Grenzwerte für die außerhalb des Körpers leichter zu messenden elektrischen und magnetischen Feldstärken



festgesetzt. Weltweit orientieren sich die meisten Staaten nach den von der ICNIRP 1998 vorgeschlagenen abgeleiteten Grenzwerten. Die abgeleiteten Grenzwerte sind je nach Frequenz unterschiedlich. Beispiel: Bezogen auf einen Basisgrenzwert von 0,08 W/kg wird für das elektrische Feld im Umfeld einer Sendeanlage, für den typischen Frequenzbereich des Mobilfunkes von 900 MHz, ein abgeleiteter Grenzwert von 41 V/m (internationaler Sicherheitsgrenzwert) vorgeschlagen.

Der bereits erwähnte Umstand, dass bezüglich der gesundheitlichen Auswirkungen der Langzeiteffekte der elektromagnetischen Felder noch große Unsicherheit herrscht, fand in Italien besondere Berücksichtigung. Im Vergleich zu anderen Staaten wurden in Italien für den Wohnbereich besonders strenge Grenzwerte, sogenannte Vorsorgewerte eingeführt. Während ein Grenzwert nur auf Grund von gesichertem Wissen über die gesundheitliche Wirkungen der Strahlung festgelegt werden kann, berücksichtigt ein Vorsorgewert auch die möglichen, aber noch nicht bewiesenen Langzeiteffekte und soll im Zweifelsfall zusätzliche Sicherheit bieten. So gilt z.B. in Italien im Wohnbereich (mit einer Aufenthaltszeit von mehr als 4 Stunden) für den gesamten Frequenzbereich von 0,1 MHz bis 300 GHz, für das elektrische Feld ein einheitlicher Vorsorgewert von nur 6 V/m (Legislativ Dekret 381/1998), also deutlich weniger als von der ICNIRP empfohlen (z.B. 41 V/m für 900 MHz).

Die Tabelle 2) zeigt einen internationalen Vergleich der derzeit gültigen abgeleiteten Grenzwerte für den Mobilfunk im Frequenzbereich von 900 MHz und 1800 MHz.

Abschließend sei noch daran erinnert, dass in Italien laut dem neuen Rahmengesetz (Legge 22/02/2001 Nr. 36, Art. 4) die Festlegung der Grenzwerte Kompetenz des Staates ist und dass die diesbezüglichen Grenzwerte auf nationaler Ebene einheitlich sein müssen.



Grenzwerte für die elektrische Feldstärke in V/m für den Mobilfunk im Frequenzbereich von 900 MHz und 1800 MHz

Land	900 MHz	1800 MHz	Bemerkung
ICNIRP Empfehlung	41	58	
Australien	41	58	
Österreich	48	61	
Bulgarien	6	6	
Kanad	47	61	
China	12*	12*	* nur kurze Zeit
EU Empfehlung (ICNIRP)	41	58	
Frankreich	41	58	
Deutschland	41	58	
Ungarn	6	6	
Italien	20 (6*)	20 (6*)	* Wohnbereich
Japan	47	61	
Newseeland	41	58	
Polen	6	6	
Russland	20*	keine Angabe	* Mobilfunk
Südafrika	41	58	
Schweden	41	58	
Schweiz	41 (4*)	59 (6*)	* Anlagegrenzwert
Türkei	41	58	

Tabella 2) Die Tabelle zeigt die derzeit gültigen abgeleiteten Grenzwerte für die elektrische Feldstärke (in V/m) für die Mobilfunkfrequenzen von 900 MHz und 1800 MHz im internationalen Vergleich. Man beachte, dass in Italien für den Wohnbereich ein einheitlicher Vorsorgewert von nur 6 V/m (Legislativ Dekret 381/1998) festgelegt wurde, also deutlich weniger als von der ICNIRP empfohlen (41 V/m für 900 MHz).



7. Wie ist die Lage in Südtirol?

Ab dem 02.01.1999 müssen laut Legislativdekret 381/1998 alle Projekte bezüglich der Errichtung von neuen Sendeanlagen oder Änderungen an bestehenden Anlagen vom zuständigen Amt, dem Labor für physikalische Chemie in der Landesumweltagentur, verpflichtend begutachtet (technisches Umweltgutachten) werden. Besonders wichtig und kritisch ist dabei die Standortwahl. Unser Ziel ist es im Einvernehmen mit der Landesraumordnung, dem Landschaftsschutz und den Gemeinden, den bestmöglichen Standort zu finden, wobei aber, wie vom Gesetz vorgesehen, bezüglich der Abdeckung die Bedürfnisse der Betreiber berücksichtigt werden müssen.

Die Devise der Landeslabors lautet, dass dort, wo es möglich ist (z.B. im ländlichen Gebiet) und der Betreiber damit einverstanden ist, Sendeanlagen in einer gewissen Entfernung von bewohnten Häusern zu errichten sind. In Ballungsgebieten sind auf Grund der Häuserdichte größere Abstände einfach nicht realisierbar, auch wäre eine solche Forderung gesetzeswidrig, denn laut Dekret 381/98 darf die Möglichkeit zur Versorgung des Territoriums nicht verhindert oder eingeschränkt werden.

Die Anzahl der Basisstationen ist direkt an die Mobilfunkteilnehmeranzahl gekoppelt und die ist bekanntlich im Stadtgebiet am größten. Hier gilt es also darauf zu achten, daß die Hauptstrahlungsrichtung neuer Anlagen nicht direkt auf benachbarte bewohnte Gebäude zielt. Wenn nicht anders möglich, muss entweder die Leistung der Anlage reduziert werden, oder z.B. die Mastenhöhe vergrößert werden, so dass im Nahbereich das Hauptstrahlungsfeld über die Hausdächer hinwegzielt.

Insgesamt ergeben sich für die Strahlenbelastung der Bevölkerung in Südtirol für neue Anlagen (nach Inkrafttreten des 381/1998 Gesetzes) deutlich niedrigere Werte als vom Gesetzgeber gefordert (6 V/m): Auf dem Lande liegen die durchschnittlichen Feldstärken normalerweise unter 1 V/m mit Höchstwerten bei ca. 2 V/m; auch im Stadtbereich werden normalerweise Feldstärken um 3 V/m nicht überschritten. Die genannten Werte gelten für nachgelegene Häuser in Strahlungsrichtung bei Maximalauslastung der Sendeanlage.

Auch ältere Anlagen werden laufend kontrolliert und bisher ist die Situation zufriedenstellend. Klarerweise gibt es da und dort Standorte, die nicht optimal sind, aber solange der Vorsorgewert von 6 V/m eingehalten ist, kann der Betreiber nicht zu einer Umsiedlung gezwungen werden. Oft ergibt sich allerdings die Möglichkeit im Rahmen einer Optimierung der Anlage, bzw. Anpassung an neue Erfordernisse, die ganze Anlage auf einen günstigeren Standort zu verlegen.

Insbesondere die Gemeinden sind daher gefordert, in ihren Bauleitplänen Zonen für die mögliche Ansiedlung solcher Anlagen vorzusehen, bzw. umgekehrt Zonen anzugeben, wo dies unbedingt nicht geschehen soll (z.B. historisch wertvolle Gebäude, dicht besiedelte



oder sog. sensible Zonen, wie Schulen, Kindergärten, usw.) und die Anrainer über die Standorte beizeiten zu informieren.

In Zukunft wird von den Betreibern eine diesbezügliche Vorausplanung (Jahresplanung) der Sendestandorte verlangt werden, auch wird zur Zeit an einem neuen Standortplan für Sendeanlagen gearbeitet und eine entsprechende Gesetzesvorlage vorbereitet.



8. Der Kataster der fixen Emissionsquellen für elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder

Wie auf nationaler Ebene vom neuen Rahmengesetz (Legge 22/02/2001 Nr. 36, Art. 4 c, Art. 8,1d) vorgesehen, wurde von der Landesregierung mit Beschlussantrag 93/99 die Realisierung eines Katasters der elektromagnetischen Strahlenbelastung für Südtirol beschlossen. Die Durchführung liegt bei der Landesumweltagentur - Labor für physikalische Chemie und geschieht mit der Unterstützung des Amtes für raumbezogene Informatik. Ziel ist die systematische Erfassung sämtlicher fixer Emissionsquellen für elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder, wie Sendeanlagen und Hochspannungsleitungen und Erstellung einer georeferenzierten Datenbank. Der Kataster dient als Grundlage für Planungen, Genehmigungen, Modellberechnungen und andere Anwendungen. Die Tabelle 3) zeigt die Anzahl der bisher in Südtirol erhobenen Sendeanlagen (Stand 31.12.2001) und Bild 5) zeigt die Verteilung der Basisstationen für den Mobilfunk in Südtirol.

Tabelle 3) Sendeanlagen in Südtirol (Stand 31.12.2001)

Art der Anlage	Anzahl (*)
Basisstationen für den Mobilfunk	411
TV-Umsetzeranlagen	395
Radio – Umsetzeranlagen	250
Amateurfunker	738
Zivilschutz	29
Insgesamt	1823

(*) Entspricht der Anzahl an Sendeanlagen, wobei ein Sendestandort mehrere Sendeanlagen beherbergen kann.



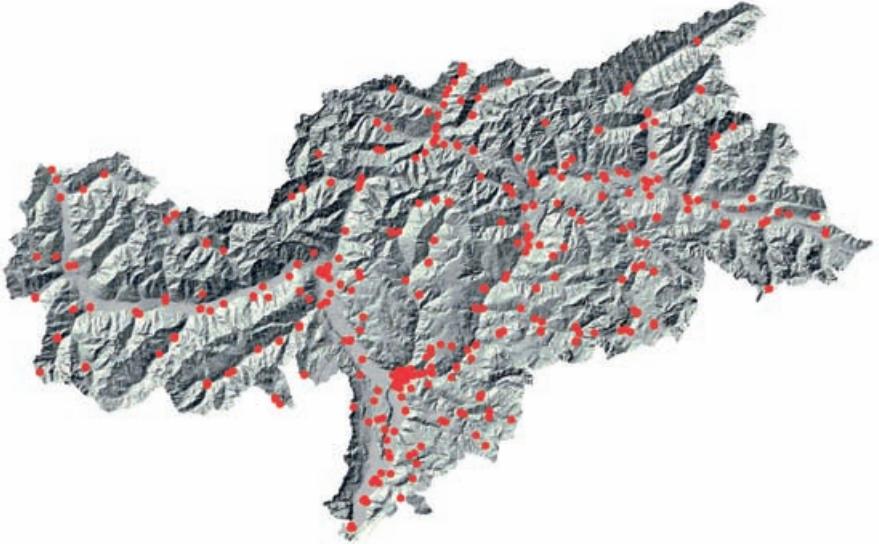


BILD 5) zeigt die Verteilung der Basisstationen für den Mobilfunk in Südtirol.

9. Wo kann man eine Messung beantragen und weitere Informationen erhalten?

In Südtirol werden offizielle Messungen vom Labor für physikalische Chemie der Landesumweltagentur in Bozen durchgeführt. Zur Beantragung einer Messung genügt ein einfaches schriftliches Ansuchen (bitte unbedingt die Telefonnummer für eine eventuelle Rücksprache angeben). Wir empfehlen allerdings, auf jeden Fall zuvor im Labor anzurufen und sich über die tatsächliche Notwendigkeit einer Messung zu informieren. Eine Messung der elektromagnetischen Felder kostet ca. 77 Euro+Mwst.

Anschrift: Landesumweltagentur - Labor für physikalische Chemie (29.8), Amba Alagi Str. 5, 39100 Bozen. Tel. 0471/291324, Fax. 0471/283264.

Für gesundheitsrelevante Auskünfte beraten Sie sich mit Ihrem Vertrauensarzt. Weitere Informationen finden Sie auf der Internet Seite der Weltgesundheitsorganisation: www.who.int/peh-emf

Literaturquellen:

Kuster Niels – Differences in Energy Absorption between the Heads of Adults and Children – COST281 – Mobile Communication an Children - Foundation for Research on Information Technologies in Society, Zurich –CH

RSC.EPR 99-1. A Review of the Potential Health Risks of Radiofrequency Fields from Wireless Telecommunication Devices - 225 Metcalfe Ä 308 Ottawa, Ontario K2P 1P9

IEGMP (Independent Expert Group on mobile phones) 2000 . Mobile Phones and Health NRPB - Chil-ton Didcot Oxon OX11 0RQ

Van Rogen Eric – Mobile phones and children – Health Council of the Netherlands – www.gr.nl

WHO (World Health Organisation) - Radiofrequency Field Exposure and Cancer: What Do the Laboratory Studies Suggest ?

