

# 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 Mobiltelefonen .....Seite	13
5.	Die biologische Wirkung elektromagnetischer Wellen .....Seite	15
6.	Grenzwerte für die Exposition an elektromagnetischen Feldern .....Seite	21
7.	Wie ist die Lage in Südtirol? .....Seite	24
8.	Der Kataster der fixen Emissionsquellen für elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder .....Seite	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 Zeitschlitzes zu je 0,577 ms die Gespräche anderer 7 Teilnehmer weiterleiten kann. Dies entspricht insgesamt einem Zeitrahmen



von 4,6 ms, also 8 Zeitslitze 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-

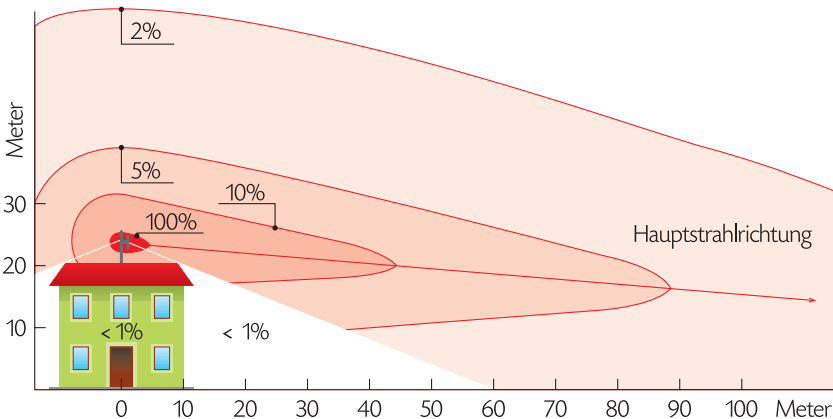


BILD 2) Verteilung der Feldstärke einer Mobilfunkantenne. Das Bild zeigt annähernd die prozentuelle Verteilung der Feldstärke einer Mobilfunkantenne auf einem Hausdach. Normalerweise ist der Vorsorgewert von  $6V/m$  in Strahlungsrichtung ab einer Entfernung von 30 - 40 m eingehalten. Das Haus selbst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



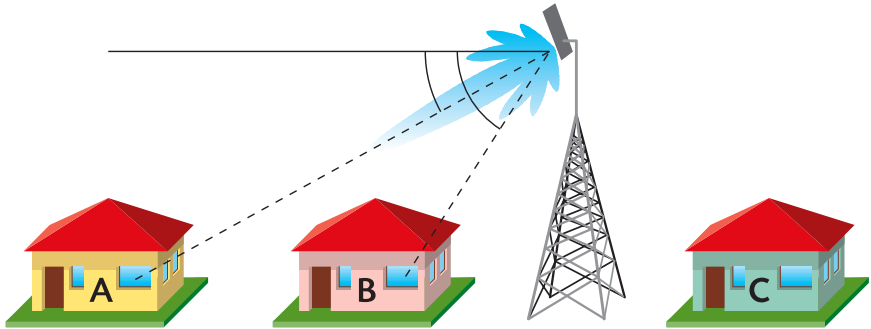


BILD 3) Abstrahlung einer Antenne. Mit zunehmendem Abstand sinkt die Strahlenbelastung. Aber, obwohl sich das Haus A in größerer Entfernung zur Basisstation befindet ist dort die Strahlenbelastung größer als im Haus B, da sich Haus A im Hauptstrahlungskegel befindet. Normalerweise ist der strenge italienische 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).

