



UNTERRICHTSMATERIAL

MOBILFUNK

AB KLASSE 5

Impressum

Bundesamt für Strahlenschutz
Öffentlichkeitsarbeit
Postfach 10 01 49
38201 Salzgitter

Telefon: +49 (0) 3018 333 - 0
Telefax: +49 (0) 3018 333 - 1885
Internet: www.bfs.de
E-Mail: epost@bfs.de

Gestaltung: Quermedia GmbH
Druck: Volkhardt Caruna Medien GmbH & Co. KG
Stand: Januar 2014

Einleitung

SITUATION

Der Alltag vieler Menschen ist heute durch den Mobilfunk geprägt. Unabhängig von Zeit und Ort kommunizieren, informieren, organisieren und konsumieren wir mit Hilfe von *Handys* und Smartphones.

Gleichzeitig ist der Mobilfunk Gegenstand kontrovers geführter Diskussionen: Regelmäßig berichten die Medien über neue technologische Entwicklungen und Konsumtrends, aktuelle Studien sowie Gegenstudien zu möglichen Gefahren für die Gesundheit, Grenzwertdiskussionen, Aktionen von Mobilfunkgegnern oder den Standpunkt verschiedener Interessenvertreter wie Handyhersteller, *Netzbetreiber* oder Verbraucherschutzorganisationen.

FOKUS KINDER UND JUGENDLICHE

In diesem Zusammenhang stehen Kinder und Jugendliche oft im Mittelpunkt der Diskussion, da auch ihr Kommunikations- und Sozialverhalten stark von der Mobilfunktechnik geprägt ist.

Besonders bei der Diskussion um gesundheitliche *Risiken* der Mobilfunktechnik ist auf die Heranwachsenden zu achten. Sie befinden sich noch in der Entwicklung und könnten deshalb gesundheitlich empfindlicher reagieren als Erwachsene.

AUFGABE DES BUNDESAMTES FÜR STRAHLENSCHUTZ

Es ist die Aufgabe des *Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS)*, objektiv, umfassend und frühzeitig auf wissenschaftlicher Basis über Wirkungen und *Risiken* des Mobilfunks aus Sicht des Strahlenschutzes aufzuklären.

Nach aktuellem Stand der Wissenschaft gehen von der hochfrequenten elektromagnetischen Strahlung der Mobilfunktechnik bei Einhaltung der Grenzwerte keine gesundheitlichen Risiken aus. Es gibt allerdings noch offene Fragen zu biologischen und möglichen gesundheitlichen Wirkungen auch unterhalb der Grenzwerte.

Das *BfS* setzt sich deshalb aus Gründen der Vorsorge dafür ein, dass die Belastung des Einzelnen durch diese *Strahlung* so weit wie möglich reduziert wird. Denn jeder Mensch ist täglich durch weitere Quellen wie schnurlose Festnetztelefone, drahtlose Netzwerke, Mikrowellenherde und Warensicherungsanlagen immer mehr hochfrequenter elektromagnetischer *Strahlung* ausgesetzt.

Darüber hinaus initiiert und fördert das *BfS* weitere Forschung auf dem Gebiet, um offene Fragen zu untersuchen und nach Möglichkeit zu klären.

ZIEL

Das *BfS* wendet sich mit dem Unterrichtsmaterial an Schülerinnen und Schüler der allgemeinbildenden Schulen ab Klasse 5.

Da die meisten von ihnen in diesem Alter bereits ihr erstes eigenes *Handy* besitzen, ist dies der geeignete Zeitpunkt, sie über Funktionsweise und Strahlenschutzaspekte zu informieren. Außerdem erhalten sie praktische Tipps, wie sie ihre persönliche Strahlenbelastung bei der Handynutzung unkompliziert und effizient reduzieren können.

INHALTSVERZEICHNIS

4

EINLEITUNG

6

KONZEPTION DES UNTERRICHTSMATERIALS

8

**1. MOBILFUNK:
WIE FUNKTIONIERT DAS EIGENTLICH?**

14

2. SIND HANDYS GEFÄHRLICH?

18

**3. AUF DER SICHEREN SEITE:
WIE SETZE ICH MICH WENIGER
ELEKTROMAGNETISCHER STRAHLUNG AUS?**

20

4. AUGEN AUF BEIM HANDYKAUF!

22

GLOSSAR

KONZEPTION DES UNTERRICHTSMATERIALS

AUFBAU

In dieser Publikation werden Themen aus dem Bereich Mobilfunk als Unterrichtsgegenstand vorgestellt. Dabei handelt es sich nicht um eine abgeschlossene Unterrichtseinheit oder um Materialien für ein einzelnes Unterrichtsfach. Vielmehr sollen Anregungen für einige Unterrichtseinheiten gegeben und dabei möglichst mehrere Fächer einbezogen werden.

Das Material ist in mehrere Kapitel aufgeteilt:

1. Mobilfunk: Wie funktioniert das eigentlich?

Die technischen Zusammenhänge und die physikalischen Grundlagen des Mobilfunks werden auf einfachem Niveau erklärt.

2. Sind Handys gefährlich?

Um die Diskussion über mögliche gesundheitliche Risiken der Handystrahlung zu versachlichen, werden wissenschaftliche Fakten aufbereitet und zuverlässige Informationsquellen benannt.

3. Auf der sicheren Seite: Wie schütze ich mich vor der Strahlung?

Mit einfachen Maßnahmen kann man die Strahlenbelastung beim Telefonieren mit dem *Handy* verringern. Die Vorsichtsmaßnahmen werden den Schülerinnen und Schülern anhand einfacher Experimente nahe gebracht.

4. Augen auf beim Handykauf!

Kaufentscheidungen hängen von vielen Faktoren ab. Das Kapitel gibt Hilfestellungen für eine verantwortungsbewusste Kaufentscheidung im Hinblick auf strahlungsarme Geräte.

Das **Glossar** ergänzt die Materialsammlung. Es kann als Nachschlagewerk zu den Kapiteln eingesetzt werden.

ZIELE

Das Material ist für den Unterricht an allgemeinbildenden Schulen ab der fünften Klasse konzipiert. Es ist sowohl auf Wissenserwerb als auch auf einen verantwortungsbewussten Umgang mit der Mobilfunkkommunikation ausgerichtet. Die Lernziele lauten im Einzelnen:

Hintergrundwissen zur Mobilfunktechnik vertiefen

Den Schülerinnen und Schülern ist bekannt, wie sprunghaft und weitreichend sich die Mobilfunktechnik in den letzten Jahren entwickelt hat und welche Auswirkungen dies auf das Kommunikationsverhalten hat. Sie wissen, wie ein Gespräch zwischen zwei Mobiltelefonen zustande kommt und kennen die Funktion von *Funksignalen*, *Handyantenne*, *Funkzellen*, *Mobilfunkanlage* und zentralem Computer. Sie kennen wichtige Fachbegriffe wie *SMS*, *MMS*, *GSM*, *UMTS* und *LTE*. Sie haben eine anschauliche Vorstellung von elektromagnetischen Wellen und kennen ausgewählte Strahlungsarten wie Mikrowellen, Licht, *UV-Strahlung* und *ionisierende Strahlung*. Sie kennen den Zusammenhang zwischen Dauer und Stärke der Bestrahlung durch eine Strahlungsquelle und der aufgenommenen Energie. Sie wissen wie der Abstand zur Strahlungsquelle mit der aufgenommenen Energie zusammenhängt und was die *automatische Leistungsregelung* ist.

Mögliche gesundheitliche Risiken erkennen

Die Schülerinnen und Schüler haben eine Vorstellung von etwaigen Auswirkungen der *Strahlung* auf den Körper. Sie kennen die Bedeutung von Grenzwerten. Sie wissen um die Bedeutung des SAR-Wertes.

Vorsorge beim Mobilfunk treffen

Die Schülerinnen und Schüler verstehen, warum ein vorsorglicher Umgang mit dem Mobilfunk sinnvoll ist. Sie wissen, wie sie selbst für eine möglichst niedrige Belastung sorgen können. Sie können den SAR-Wert in ihre Entscheidung beim Handykauf einbeziehen. Sie kennen die Kriterien, die von der Jury für die Vergabe des *Blauen Engels* für ein *Handy* festgelegt wurden, und berücksichtigen sie bei der Auswahl eines *Handys*.

Wissen über Arbeit des Bundesamtes für Strahlenschutz erlangen

Die Schülerinnen und Schüler kennen die Bedeutung der Forschung zu möglichen gesundheitlichen Risiken der Handynutzung. Das *Bundesamt für Strahlenschutz* ist ihnen als Ansprechpartner für den Strahlenschutz bekannt. Sie wissen, womit sich das *Bundesamt für Strahlenschutz* auch außerhalb des Mobilfunkthemas beschäftigt und welche Informationen sie auf der Website des Amtes finden können.

FACHBEZUG

Im Folgenden sind Bezüge zu einzelnen Fächern aufgeführt, die auch der Schwerpunktsetzung dienen können:

Physik

Das physikalische Grundlagenwissen zu *hochfrequenten elektromagnetischen Wellen* kann ab Klasse 5 nur auf stark vereinfachtem Niveau vermittelt werden. Laut Lehrplänen kommen Themen wie Energieumwandlung, thermische Energie, Radioaktivität und Kernphysik erstmals ab Klasse 10 an Gymnasien vor. *Elektromagnetische Wellen* sind erst Thema in der Oberstufe.

Im Material werden deshalb die wichtigsten Begriffe über anschauliche Beispiele eingeführt. So wird die *thermische Wirkung der Strahlung* anhand des Mikrowellenherdes illustriert. Je nach Altersstufe besteht die Möglichkeit, physikalische Aspekte vertieft zu behandeln. Dieses Material beschränkt sich auf wenige wichtige physikalische Zusammenhänge, damit es in verschiedenen Fächern eingesetzt werden kann.

Biologie

Gesundheitliche *Risiken* und Prävention sind Gegenstand des Biologieunterrichts. Es besteht die Möglichkeit, die Verbindung zwischen der *Handystrahlung* und der Gefährdung durch andere Strahlungsarten wie zum Beispiel ultraviolette Strahlung oder Röntgenstrahlung, herzustellen.

Wichtige relevante Themen wie Vererbung, Mutation, *Risiken* durch *ionisierende Strahlung* sind frühestens ab Klasse 10 vorgesehen. Somit kann im Unterricht nicht auf dieses Grundlagenwissen zurückgegriffen werden. Die biologischen Zusammenhänge können in der Zielgruppe ab Klasse 5 deshalb nur auf stark vereinfachtem Niveau angesprochen werden.

EINSATZ IM UNTERRICHT

Möglichkeiten

Das Unterrichtsmaterial ist so aufbereitet, dass es flexibel eingesetzt werden kann. Der Einsatz ist im regulären Unterricht, in Vertretungsstunden, Projektstunden und Projektwochen fachbezogen oder fachübergreifend möglich.

Zeitanpruch

Die dafür angesetzte Unterrichtszeit ist variabel. In einer Stunde lässt sich ein einzelner Aspekt anhand eines geeigneten Arbeitsblattes behandeln. Für eine Unterrichtseinheit von drei bis vier Stunden sollte ein bestimmtes Kapitel des Materials in den Mittelpunkt gestellt werden, wobei einzelne Arbeitsblätter aus den anderen Kapiteln als Ergänzung dienen. In einem Projektkurs oder in einer Projektwoche kann das gesamte Material zum Einsatz kommen.

Lehrer- und Schülermaterialien

Es gibt sowohl einen Teil für Lehrkräfte als auch die dazugehörigen Arbeitsblätter als Kopiervorlage für den direkten Einsatz im Unterricht. Der Teil für Lehrkräfte enthält Sachinformationen, Arbeitsanregungen und weiterführende Informationen:

Die Hintergrundinformationen bieten einen Überblick über die behandelte Thematik und ermöglichen eine zielgerichtete Unterrichtsvorbereitung. Die verwendeten Begriffe sind im Glossar näher erläutert. Zahlreiche Quellen werden zur vertiefenden Vorbereitung genannt.

Die Arbeitsanregungen erläutern die Einsatzmöglichkeiten der Arbeitsblätter. Zu den Arbeitsblättern, auf denen Fragen beantwortet werden oder Aufgaben gerechnet werden müssen, sind Musterlösungen beigelegt.

Die Internetseite des Bundesamtes für Strahlenschutz www.bfs.de bietet zusätzlich aktuelle Informationen, umfangreiches Hintergrundwissen und Antworten auf häufig gestellte Fragen zu allen Aspekten von Strahlung und Strahlenschutz an. Dort steht das Unterrichtsmaterial auch als Download zur Verfügung.



1. MOBILFUNK: WIE FUNKTIONIERT DAS EIGENTLICH?

LERNZIELE

Dieses Kapitel soll den Schülerinnen und Schülern ein Grundverständnis der Mobilfunktechnologie vermitteln. Sie erfahren, wie eine Gesprächsverbindung zwischen zwei Mobiltelefonen zustande kommt und lernen die Funktionen von *Funksignalen*, *elektromagnetischen Feldern*, *Handyantennen*, *Funkzellen*, *Mobilfunksendeanlagen* und zentralem Vermittlungsrechner kennen. Die Bedeutung wichtiger Fachbegriffe wie *GSM*, *UMTS* oder *LTE* werden dabei vermittelt. Darüber hinaus wird das elektromagnetische Spektrum eingeführt.

HINTERGRUNDINFORMATIONEN

Elektromagnetische Felder

Bei der Mobilfunktechnologie werden digitalisierte Informationen wie Sprache, Bilder, Musik, Videos, Grafiken und Text mittels *hochfrequenter elektromagnetischer Felder* übertragen. Auch Rundfunk- und Fernsehsender, schnurlose Telefone oder Computer, die mit *Wireless LAN (WLAN)* oder *Bluetooth* untereinander und mit anderen Geräten wie Drucker, Maus oder Tastatur vernetzt sind, nutzen *hochfrequente elektromagnetische Felder* zur Informationsübertragung.

Für *hochfrequente elektromagnetische Felder* werden auch die Begriffe „Wellen“ und „*Strahlung*“ verwendet. Die verschiedenen Begriffe beschreiben unterschiedliche Aspekte des gleichen physikalischen Phänomens:

- „*Feld*“ betont die räumliche Verteilung zum Beispiel der elektrischen Kraftwirkung,
- „*Welle*“ betont die Ausbreitung im Raum und die Interaktion mit Objekten,
- „*Strahlung*“ betont den mit der Ausbreitung verbundenen Energietransport.

Elektromagnetische Felder entstehen durch zeitlich veränderliche elektrische Ströme und Spannungen an *Antennen*. Die Ströme sind mit *magnetischen* und die Spannungen mit *elektrischen Feldern* verbunden. Zusammen lösen sie sich als *elektromagnetische Wellen* von der *Antenne* ab und breiten sich sehr schnell – wie Licht, das ebenfalls eine *elektromagnetische Welle* ist – im Raum aus.

Wellenphänomene sind aus dem Alltag vor allem von Oberflächenbewegungen bei Flüssigkeiten bekannt. Auch Schall breitet sich wellenförmig aus. Im Gegensatz zu Wasser- und Schallwellen benötigen *elektromagnetische Wellen* allerdings keinen materiellen Träger. Sie breiten sich daher auch im luftleeren Raum aus.

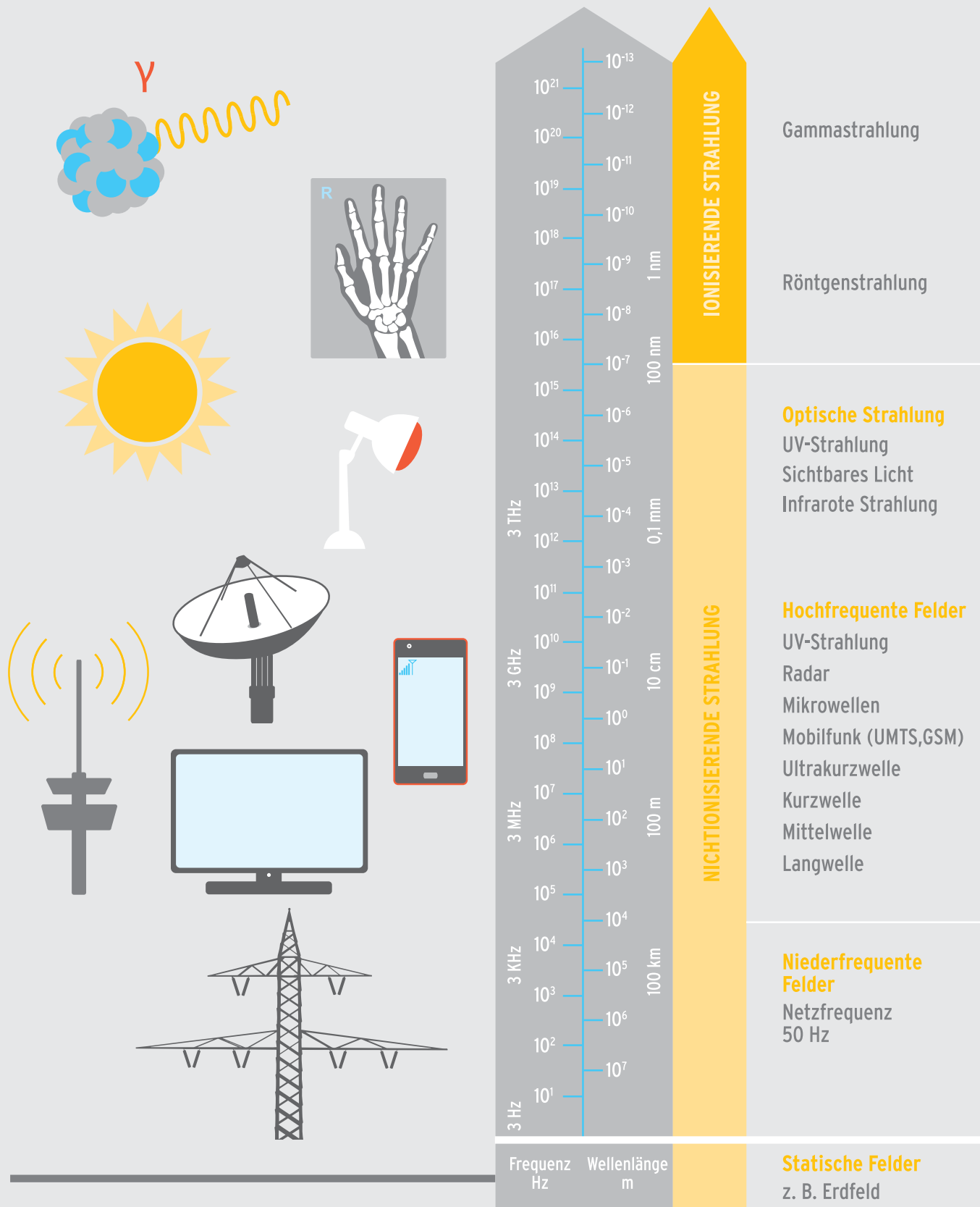
Elektromagnetische Wellen sind durch die *Amplitude* (die Höhe der Wellenberge) und die *Frequenz* (Anzahl der Schwingungen pro Sekunde) gekennzeichnet. Statt der *Frequenz* wird auch oft die *Wellenlänge* angegeben. Die *Wellenlänge* wird in einer Längenmaßeinheit (Meter, m) und die *Frequenz* in Schwingungen pro Sekunde (s) angegeben. Eine Schwingung pro Sekunde (1/s) entspricht einem Hertz (Hz). Der Mobilfunk wird bei hohen *Frequenzen* von mehreren Hundert Millionen Hertz betrieben (Megahertz, MHz).

Frequenz und *Wellenlänge* sind über die Ausbreitungsgeschwindigkeit fest miteinander verbunden: Je größer die *Wellenlänge* ist, desto kleiner ist die *Frequenz* und umgekehrt. Im freien Raum beträgt die Ausbreitungsgeschwindigkeit ungefähr 300.000 Kilometer pro Sekunde (km/s).

Strahlungsarten und ihre Quellen

Darstellung im elektromagnetischen Spektrum in Abhängigkeit von der Wellenlänge

Abb. 1.1: Strahlungsarten



Um *hochfrequente elektromagnetische Wellen* für die Informationsübertragung zu nutzen, werden zum Beispiel *Frequenz* oder *Amplitude* in Abhängigkeit von dem zu übertragenden Datenstrom zeitlich verändert. Dieser Vorgang heißt *Modulation*. Eine derartige *elektromagnetische Welle* wird auch kurz als „*Funksignal*“ bezeichnet.

Im elektromagnetischen Spektrum werden statische Felder, niederfrequente Felder, hochfrequente Felder, *optische Strahlung* und *ionisierende Strahlung* geordnet nach *Frequenz* beziehungsweise *Wellenlänge* dargestellt. Die Übergänge der aufeinanderfolgenden Bereiche des Spektrums sind fließend.

Die für die Mobilfunktechnik relevanten *Frequenzen* liegen zwischen denen der niederfrequenten *elektrischen* und *magnetischen Felder* und denen der energiereichen *optischen Strahlung*. Alle drei genannten Bereiche gehören zur *nichtionisierenden Strahlung*. Im Unterschied zur *ionisierenden Strahlung* reicht die Energie der *nichtionisierenden Strahlung* nicht aus, um Atome oder Moleküle zu ionisieren, d.h. um zum Beispiel Elektronen aus der Hülle herauszuschlagen.

Der nichtionisierende Teil des Spektrums umfasst:

- Statische Felder (0 Hertz (Hz)), wie zum Beispiel das Erdmagnetfeld
- Niederfrequente Felder im Frequenzbereich zwischen 0 Hz und 100 Kilohertz (kHz). Dazu zählen zum Beispiel die *elektrischen* und *magnetischen Felder* mit einer *Frequenz* von 50 Hz, die in der Nähe von Hochspannungsleitungen oder um Stromleitungen und Elektrogeräte im Haushalt auftreten.
- Hochfrequente *Felder* mit 100 kHz bis zu 300 Gigahertz (GHz). Zu diesem Bereich zählen die *Felder* von Mittel-, Kurz- und Ultrakurzwellen (UKW) -Sendern des Rundfunks, sowie die *Felder* von Fernseh-

Mobilfunk-, Richtfunk- und Radarsendern. Zum Beispiel liegt der Frequenzbereich der so genannten D-Netze des Mobilfunks bei 900 Megahertz (MHz). Weitere Beispiele für technische Anwendungen im Hochfrequenzbereich sind in der Tabelle 1.2 aufgeführt.

- Optische Strahlung von 300 GHz bis 3 Petahertz (PHz) bzw. im Wellenlängenbereich zwischen 1 mm und 100 nm. Dazu gehören die Infrarot-(Wärme-) Strahlung, das sichtbare Licht und die ultraviolette Strahlung, kurz *UV-Strahlung*.

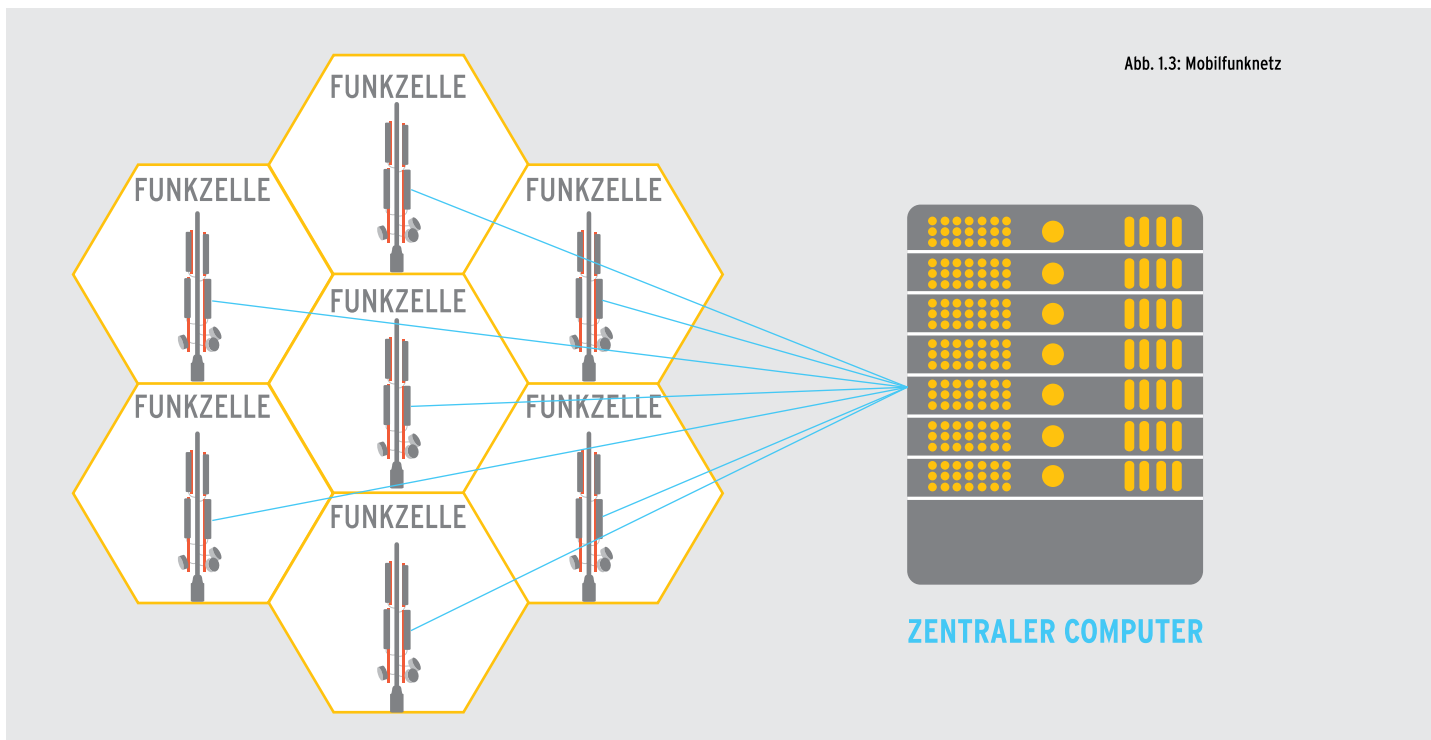
Die *ionisierende Strahlung* liegt im Spektrum oberhalb der *optischen Strahlung*, also bei noch höheren *Frequenzen*. Zu ihr gehören zum Beispiel Röntgen- und Gammastrahlung.

BEISPIELE FÜR TECHNISCHE ANWENDUNGEN IM HOCHFREQUENZBEREICH

Quelle	Frequenz	Wellenlänge
Rundfunksender Mittelwelle	1,4 MHz	21.400 cm
Kurzwelle	6 - 10 MHz	3.000 - 5.000 cm
UKW	88 - 108 MHz	277 - 341 cm
Fernsehsender VHF	174 - 216 MHz	138 - 172 cm
Fernsehsender UHF	174 - 216 MHz	34 - 64 cm
Mobilfunk D-Netz	470 - 890 MHz	31 - 34 cm
Mobilfunk E-Netz	1.710 - 1.880 MHz	15 - 18 cm
Mobilfunk UMTS	2.100 MHz	14 cm
Bluetooth, WLAN	2.400 MHz	12 cm
Mikrowellenherd	2.400 MHz	12 cm
WLAN	5.000 MHz	6 cm

Tabelle 1.2

Abb. 1.3: Mobilfunknetz



Funktionsweise des Mobilfunknetzes

Wie kommt eine Gesprächs- oder Datenverbindung beim Mobilfunk zustande? Beim Telefonieren treten zwei *Handys* unabhängig von der räumlichen Entfernung nicht direkt miteinander in Verbindung. Vielmehr kommunizieren sie mittels *hochfrequenter elektromagnetischer Felder* über eine oder mehrere Funkstationen, die sogenannten Mobilfunkbasisstationen der Mobilfunknetzbetreiber. Mobilfunkbasisstationen werden auch *Mobilfunksendeanlagen* oder *Mobilfunkanlagen* genannt. Die *Antennen* der Mobilfunkbasisstation empfangen die Signale der *Handys* und strahlen ihrerseits *Funksignale* aus.

Mit modernen Geräten sind lokal auch direkte Verbindungen unter Umgehung des Mobilfunknetzes möglich, z. B. um Kontaktdaten oder Fotos auszutauschen. Hierzu wird WLAN oder Bluetooth verwendet (siehe Tabelle 1.2).

Die *Sendeleistung* und damit die Funkreichweite der *Handys* ist stark begrenzt. Außerdem müssen im Mobilfunk sehr viele Verbindungswünsche gleichzeitig abgewickelt werden. Deshalb ist das von einem *Mobilfunknetz* insgesamt abzudeckende Gebiet in sogenannte *Funkzellen* (siehe Abbildung 1.3) eingeteilt. Jede *Funkzelle* wird von einer Mobilfunkbasisstation versorgt. Von der *Basisstation* werden Gespräche und Daten per Kabel oder *Richtfunkstrecke* weiter zu übergeordneten Vermittlungsstellen und Vermittlungscomputern des *Netzbetreibers* geleitet, die über den Standort aller im *Mobilfunknetz* eingebuchten *Handys* informiert sind. Hier stehen Verbindungen zu den anderen Vermittlungsstellen sowie zu anderen *Mobilfunknetzen* und zum Festnetz zur Verfügung. Auch die Gebührenerfassung erfolgt an dieser Stelle. Bei eingehenden Anrufen wird die Verbindung zu der *Funkzelle* hergestellt, in der sich der angerufene Teilnehmer gerade befindet. Damit das *Mobilfunknetz* immer informiert ist, zu welcher *Funkzelle* es im Falle eines Anrufs eine Verbindung aufbauen muss, senden eingeschaltete *Handys* in regelmäßigen Abständen ein *Funksignal* zur Identifizierung an die nächstliegende *Mobilfunksendeanlage*. Diese meldet einem zentralen Register, welche *Handys* sich in ihrem Versorgungsbereich befinden.

Die *Funkzellen* eines *Mobilfunknetzes* sind ähnlich angeordnet wie die Waben eines Bienenstocks. Der Durchmesser einer *Funkzelle* beträgt ungefähr 10 bis 15 Kilometer auf dem Land und bis zu zwei Kilometer in der Stadt. In Großstädten sind die *Funkzellen* oft nur wenige hundert Meter groß, da innerhalb einer Zelle oft sehr viele Telefonate gleichzeitig geführt werden

und die Kapazität einer Zelle begrenzt ist. An Orten mit besonders intensiver Handynutzung, wie zum Beispiel in Messehallen, werden spezielle Netze mit *Funkzellen* von rund 50 Metern Durchmesser installiert. Ende 2012 gab es in Deutschland 70.513 Funkanlagenstandorte mit *Mobilfunksendeanlagen*, für die von der *Bundesnetzagentur* eine Standortbescheinigung erteilt wurde (Quelle: Bundesnetzagentur).

GSM-Netze

Damit in einer *Funkzelle* mehrere Gespräche gleichzeitig und unabhängig voneinander geführt werden können, müssen die *Funksignale* der einzelnen Verbindungen voneinander unterscheidbar sein. Die Unterscheidung erfolgt zunächst über die *Frequenz*. Jedem *Mobilfunknetzbetreiber* wurde von der *Bundesnetzagentur* (BNetzA; www.bundesnetzagentur.de) ein Frequenzband zugeteilt, das wiederum in mehrere schmalere Frequenzbänder unterteilt wird. Je nach erwartetem Datenverkehrs- und Gesprächsaufkommen verwendet ein Betreiber dann eines oder mehrere der schmalen Frequenzbänder in einer *Funkzelle*. In den D- und E-Netzen werden in unmittelbar benachbarten Zellen jeweils unterschiedliche Frequenzbänder verwendet, da sich die Gespräche sonst gegenseitig stören würden.

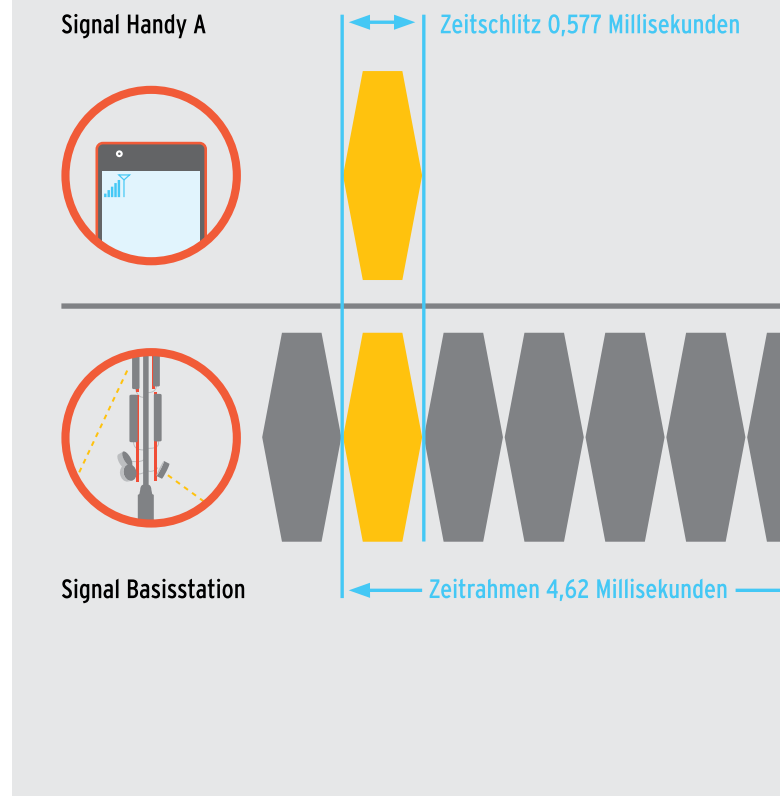
Um die Zahl der in einer Zelle gleichzeitig möglichen Gespräche zu erhöhen, wird beim *GSM-Standard* das sogenannte *Zeitschlitzverfahren* angewandt: Ein Zeitrahmen von 4,62 Millisekunden wird in acht Zeitschlitze von je 0,577 Millisekunden unterteilt. Ein bestimmtes *Handy* sendet während eines Telefonats nur in einem der acht Zeitschlitze Informationen an die *Mobilfunksendeanlage*. Während der restlichen Zeitschlitze kann die *Mobilfunksendeanlage* Informationen mit sieben weiteren *Handys* austauschen. Durch die Nutzung verschiedener Trägerfrequenzen und des beschriebenen *Zeitschlitzverfahrens* können beispielsweise in einer *Funkzelle* des D-Netzes circa 50 Personen gleichzeitig telefonieren (Abbildung 1.4).

Das Sendesignal eines einzelnen *Handys* ist aufgrund des *Zeitschlitzverfahrens* zeitlich gepulst: Alle 4,62 Millisekunden wird ein 0,557 ms langer Puls ausgesandt. Das entspricht rund 217 Pulsen pro Sekunde. Die Pulsung ist dafür verantwortlich, dass ein sendendes *Handy* charakteristische Störgeräusche in Lautsprechern, zum Beispiel von Radios oder Fernsehern, hervorrufen kann, wenn das *Handy* in die Nähe des Lautsprechers gebracht wird.

UMTS-Netze

In den *Mobilfunknetzen* der dritten Generation (abgekürzt *3G*) können bereits deutlich mehr Daten pro Zeiteinheit übertragen werden als in den *GSM-Netzen* (*2G*). Mit der in der UMTS Release 5 eingeführten Technik „*High Speed Downlink Packet Access*“ (*HSPA*) sind theoretisch Übertragungsraten von bis zu 14 Megabit

ZEITSCHLITZVERFAHREN



pro Sekunde (MBit/s) möglich, was viele Möglichkeiten für Multimediaanwendungen und interaktive Spiele eröffnet. Die Netze für die *UMTS-Technik* (*Universal Mobile Telecommunication System*) sind weitgehend flächendeckend aufgebaut. Der für das *UMTS-System* reservierte Frequenzbereich liegt zwischen 1.900 und 2.170 MHz, also etwas oberhalb von dem des E-Netzes (siehe Tabelle 1.2).

Das Übertragungsverfahren bei *UMTS* unterscheidet sich grundsätzlich von dem der *GSM-Technik* (Abbildung 1.4). Alle Teilnehmer eines Netzes nutzen die gleiche *Frequenz* in einem 5 MHz breiten Frequenzband. Die einzelnen Verbindungen werden durch einen speziellen Code identifiziert und damit voneinander abgegrenzt. Das bedeutet, dass die übertragenen Datenpakete vom Sender verschlüsselt und vom Empfänger wieder entschlüsselt werden müssen. Um die von der *Mobilfunksendeanlage* und den *Handys* gesendeten Daten zu unterscheiden, wird für die Verbindung von der *Mobilfunksendeanlage* zum *Handy* (Downlink) ein anderes Frequenzband verwendet als für die Gegenrichtung (Uplink). Die Signale sind bei diesem Verfahren nicht gepulst, sondern besitzen einen dem Rauschen ähnlichen Charakter.

Für einen störungsfreien Betrieb des *UMTS-Netzes* ist eine feinstufige und schnelle Sendeleistungsregelung sowohl bei den Mobilfunkbasisstationen als auch bei den mobilen Endgeräten notwendig.

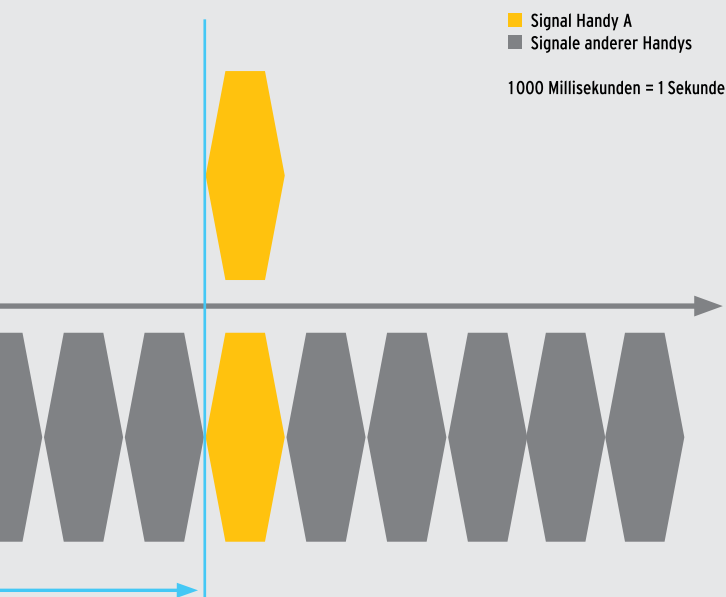


Abb. 1.4: Schematische Darstellung der Signalfrequenzen bei Handy und Basisstation (Mobilfunksendeanlage) im D- und E-Netz, GSM-Standard (verändert nach www.bmwi.de)

LTE-Netze

LTE steht für „*Long Term Evolution*“ und ist eine Mobilfunktechnik, die in Deutschland seit 2010/2011 eingeführt wird. *LTE* gilt als Nachfolger von *UMTS*, wird aber wie *UMTS* noch der dritten Mobilfunkgeneration (*3G*) zugeordnet. Erst der kommende Standard *LTE Advanced* wird üblicherweise als vierte Generation (*4G*) bezeichnet. Die *GSM*-Netze (s.o.) sind Netze der zweiten Generation (*2G*).

Gegenüber *UMTS* und dessen Weiterentwicklungen *HSPA/HSPA+* sind mit *LTE* noch einmal wesentlich höhere Datenraten, also mehr und schnellere Verbindungen möglich. Erreicht wird dies zum Beispiel durch eine andere Codierung der zu übertragenden Information und durch bis zu 20 MHz breite Übertragungskanäle (zum Vergleich: 0,2 MHz bei *GSM*, 5 MHz bei *UMTS*). Die Hauptanwendung von *LTE* wird deshalb der mobile Zugang zu breitbandigen Telekommunikationsdiensten (Internet) sein.

LTE kann bei unterschiedlichen *Frequenzen* betrieben werden, in Deutschland zum Beispiel in Bereichen um 800, 1.800, 2.000 und 2.600 MHz. Die Sendesignale ähneln denen von *UMTS*: Sie sind nicht gepulst, sondern besitzen einen dem Rauschen ähnlichen Charakter.

2. SIND HANDYS GEFÄHRLICH?

LERNZIELE

In Kapitel 2 wird den Schülerinnen und Schülern die Wirkung *hochfrequenter elektromagnetischer Felder* auf den Menschen vermittelt. Nutzen und *Risiken* unterschiedlicher Strahlungsarten wie Röntgenstrahlung, *UV-Strahlung* und Mikrowellen werden erklärt. Sie sollen erkennen, dass die verschiedenen Arten von *Strahlung* unterschiedliche Auswirkungen auf den Körper haben und sollen den Sinn von Vorsorgemaßnahmen verstehen. Die Bedeutung von Grenzwerten wird ebenso vermittelt wie der Bedarf an wissenschaftlicher Forschung zu möglichen gesundheitlichen *Risiken* der Handynutzung. Die Schülerinnen und Schüler erfahren, dass neben *Handystrahlung* auch andere Arten von *Strahlung* existieren und wo weiterführende Informationen zu wissenschaftlichen Studien und deren Bewertung recherchiert werden können.

HINTERGRUNDINFORMATIONEN:

Die Öffentlichkeit diskutiert kontrovers, ob *hochfrequente elektromagnetische Felder* die Gesundheit gefährden. Betroffene Anwohnerinnen und Anwohner befürchten bei neuen *Mobilfunksendeanlagen* oft eine Beeinträchtigung ihrer Gesundheit, obwohl die Grenzwerte eingehalten, meist sogar deutlich unterschritten werden. Manche Menschen sorgen sich, dass eine intensive Handynutzung ihrer Gesundheit schaden könnte. Im Folgenden wird der gegenwärtige Stand der Wissenschaft zu den Auswirkungen *hochfrequenter elektromagnetischer Felder* auf den menschlichen Organismus zusammengefasst. Dabei wird zwischen **nachgewiesenen** und **wissenschaftlich diskutierten** Wirkungen unterschieden.

Nachgewiesene Wirkungen

Biologisches Gewebe, wie der menschliche Organismus, nimmt die Energie der *hochfrequenten elektromagnetischen Felder* auf (*Absorption*) und wandelt sie in Wärme um (*thermische Wirkung*). Dieser Effekt tritt grundsätzlich auch beim Telefonieren mit dem *Handy* auf: Das Körpergewebe, das in der Nähe des *Handys* ist, absorbiert einen Teil der vom *Handy* ausgehenden *Strahlung*. Da die *Strahlung* nicht sehr stark ist, erwärmt es sich dabei aber nur wenig. Die Intensität der *hochfrequenten Felder*, die beim Mobilfunk und allgemein bei modernen Kommunikationsmitteln zum Einsatz kommen, ist in der Regel sehr gering.

Wenn die Intensität der *hochfrequenten Felder* sehr hoch ist, wird die Erwärmung dagegen spürbar. Das wird zum Beispiel genutzt, um Essen in der Mikrowelle zu erhitzen.

Wirken *hochfrequente Felder* auf den Menschen ein, sorgt zunächst die Wärmeregulierung des Körpers dafür, dass er sich nicht übermäßig erwärmt. Mit Auswirkungen auf die Gesundheit ist zu rechnen, wenn bestimmte Schwellenwerte überschritten werden. Im Tierexperiment wurden folgende gesundheitliche Wirkungen nachgewiesen, wenn sich die Körpertemperatur über einen längeren Zeitraum um deutlich mehr als 1 Grad Celsius erhöht hatte:

- der Stoffwechsel wurde gestört,
- das Verhalten änderte sich und
- die Embryonalentwicklung wurde gestört.

Das Auge kann zusätzliche Wärme kaum abfühlen, da es schlecht durchblutet ist. Eine langanhaltende Erwärmung im Augenbereich begünstigt daher Augenkrankheiten wie z.B. den Grauen Star.

Herleitung der Grenzwerte für hochfrequente Felder

Um die nachgewiesenen gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch eine übermäßige Erwärmung des Körpers zuverlässig auszuschließen, muss die Energieaufnahme des Körpers begrenzt werden.

Ein Maß für die Energie- bzw. Leistungsaufnahme in den Körper ist die *spezifische Absorptionsrate (SAR)*. Der SAR-Wert gibt – bezogen auf die Masse des Gewebes – an, welche Leistung (Energie pro Zeiteinheit) das Gewebe aufnimmt. Die SAR wird in Watt pro Kilogramm (W/kg) angegeben. Für den ganzen Körper gilt ein Basiswert von 0,08 W/kg. Die Ableitung dieses Basiswertes berücksichtigt einen Sicherheitsfaktor von 50, so dass die gesundheitlich bedenkliche Erhöhung der Körpertemperatur um 1 Grad Celsius weit unterschritten wird. Weil die SAR im Körper aber nicht einfach gemessen werden kann, wurden Grenzwerte für elektrische und magnetische Feldstärken außerhalb des Körpers festgelegt. Sie stellen sicher, dass der Basiswert eingehalten wird. Für Mobilfunkbasisstationen sind die Grenzwerte in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) festgelegt.

Die Grenzwerte beruhen auf nationalen und internationalen Empfehlungen (der *Deutschen Strahlenschutzkommission (SSK)*, und der *Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP)*). Diese und weitere nationale und internationale Gremien überprüfen regelmäßig, ob nach dem wissenschaftlichen Kenntnisstand die Gesundheit bei Einhaltung der Grenzwerte ausreichend geschützt ist.

Die Stärke der elektromagnetischen *Felder* nimmt mit zunehmender Entfernung von der Quelle schnell ab. Daher werden die Grenzwerte normalerweise bereits in einer Entfernung von ein bis zehn Metern von einer *Mobilfunksendeanlage* unterschritten.

Vielen Menschen ist nicht bewusst, dass die Strahlenbelastung mit *hochfrequenten elektromagnetischen Feldern* bei der Nutzung eines *Handys* sehr viel größer ist als durch eine benachbarte *Mobilfunksendeanlage*. Die *Felder* erfassen die verschiedenen Körperteile dabei sehr ungleichmäßig. Beim Telefonieren mit dem *Handy* am Ohr befindet sich zum Beispiel die *Antenne* des Gerätes in unmittelbarer Nähe zum Kopf.

Weil die *Felder* beim Gebrauch eines *Handys* auf kleine Teilbereiche einwirken, wurde eine zusätzliche Begrenzung, die *Teilkörper-SAR*, eingeführt. Für Gewebe im Bereich des Kopfs und Rumpfs ist danach die maximale Leistungsaufnahme auf 2 W/kg, gemittelt über 10 Gramm Gewebe begrenzt. Für Gewebe im Bereich der Gliedmaßen sind es 4 W/kg. Zahlreiche wissenschaftliche Studien belegen, dass diese begrenzte Strahlenbelastung nach derzeitigem Wissensstand keine gesundheitsgefährdenden Auswirkungen hat.

Alle *Handys*, die in Deutschland verkauft werden, müssen den maximalen SAR-Wert von 2 W/kg einhalten – dies gilt auch, wenn sie wegen schlechter Sendebedingungen mit maximaler Leistung senden müssen.

Wissenschaftlich diskutierte Wirkungen

Die *thermischen*, also auf der Wärmewirkung beruhenden *Wirkungen* der *hochfrequenten elektromagnetischen Felder* sind unstrittig. Diskutiert werden aber außerdem sogenannte *athermische Wirkungen*. Damit werden *biologische Effekte* bezeichnet, die sich nicht über eine Temperaturerhöhung im Gewebe erklären lassen. Relevant für den Strahlenschutz wären *athermische Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder*, wenn sie unterhalb der Grenzwerte aufträten und gesundheitlich relevant wären. Bisher wurden jedoch keine derartigen Wirkungen unterhalb der Grenzwerte nachgewiesen.

Es gibt aber Menschen, die angeben, auf *hochfrequente elektromagnetische Felder* zu reagieren. Sie klagen beispielsweise über Kopfschmerzen, Atemnot, Übelkeit oder Schlafstörungen. Dieses Phänomen, die sogenannte *Elektrosensibilität*, ließ sich trotz mittlerweile zahlreicher wissenschaftlicher Studien in verschiedenen Ländern nicht bestätigen. Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den *hochfrequenten elektromagnetischen Feldern* und den berichteten Beschwerden ließ sich nicht nachweisen.

Auch im Rahmen des *Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF; S. 16)*, das das *Bundesamt für Strahlenschutz* durchführte, gelang es nicht, bei elektrosensiblen Probanden eine besondere Empfindlichkeit oder Wahrnehmungsfähigkeit gegenüber Mobilfunkfeldern festzustellen. In manchen Studien zeigte sich aber, dass Menschen, die sich wegen möglicher gesundheitlicher Wirkungen des Mobilfunks Sorgen machten, eher über entsprechende Beschwerden klagten.

Neben der *Elektrosensibilität* sorgt auch der Verdacht eines möglichen Zusammenhangs zwischen Handynutzung und bestimmten *Krebserkrankungen* immer wieder für Schlagzeilen. Insbesondere wird diskutiert, ob eine lang dauernde Belastung durch elektromagnetische *Felder* von *Handys* zur Tumorentstehung im Kopfbereich beitragen kann. Bisher konnte dieser Verdacht wissenschaftlich nicht bestätigt werden. Verlässliche Aussagen hierüber werden jedoch dadurch erschwert, dass sich *Krebserkrankungen* oft über einen sehr langen Zeitraum entwickeln, viele Menschen aber erst seit vergleichsweise wenigen Jahren mit dem *Handy* telefonieren. Etwaige Folgen könnten sich somit erst in einigen Jahren oder Jahrzehnten zeigen. Außerdem können sehr viele unterschiedliche Faktoren *Krebserkrankungen* beeinflussen oder auslösen.

Studien zur Untersuchung der Wirkung hochfrequenter Felder

Um Aussagen zu einem möglichen statistischen Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Beeinträchtigungen und *hochfrequenten elektromagnetischen Feldern* zu erhalten, werden sogenannte *epidemiologische Studien* durchgeführt. Dabei werden gesundheitsrelevante Daten möglichst großer Teile der Bevölkerung erhoben.

Im Rahmen der weltweit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in 13 Ländern durchgeführten INTERPHONE-Studie wurde zum Beispiel ermittelt, ob Patienten mit Tumoren im Kopfbereich häufiger und länger mobil telefoniert haben als gesunde Menschen. Insgesamt wurde kein erhöhtes *Risiko* für Hirntumore nachgewiesen, das auf die Nutzung von Mobiltelefonen zurückgeführt werden könnte. Bei der Gruppe von Personen, die am längsten und intensivsten mit dem *Handy* telefoniert hatte, zeigten sich jedoch Hinweise auf ein möglicherweise erhöhtes *Risiko* für Hirntumore. Da Verzerrungen und Fehler nicht auszuschließen sind, stellen diese Hinweise keinen Nachweis für einen ursächlichen Zusammenhang dar.

Die Schwierigkeit *epidemiologischer Studien* liegt darin, dass für die Krankheitsentstehung immer auch andere, in der Studie nicht beachtete Faktoren verantwortlich sein können. Die Studien können nur einen Hinweis auf einen möglichen statistischen Zusammenhang geben. Sie können aber nicht Ursache und Wirkung der beobachteten Phänomene eindeutig in Beziehung setzen.

Auch Tierversuche wurden durchgeführt, um die Auswirkung *hochfrequenter Felder* auf die Krebsentstehung zu erforschen. Die meisten Tierversuche zeigen kein erhöhtes Tumorrisiko durch *hochfrequente elektromagnetische Strahlung*. In einzelnen Studien wurden allerdings Risikoerhöhungen gefunden, wenn man die Mobilfunkstrahlung mit anderen krebsauslösenden Stoffen kombinierte.

Einen anderen Ansatz zur Untersuchung der Wirkungen von *hochfrequenten Feldern* stellt die Bestrahlung menschlicher oder tierischer Zellen im Labor dar (*in-vitro-Untersuchungen*). Diese Art von Studien ist gut geeignet, um mögliche Wirkmechanismen zu untersuchen. Sie lässt aber für sich allein genommen keine Schlussfolgerungen auf gesundheitsrelevante Wirkungen im Gesamtorganismus zu. In den Medien wurden Untersuchungen stark diskutiert, die auf eine Schädigung der *Erbsubstanz* durch Mobilfunkfelder hingen. Diese Ergebnisse konnten jedoch von anderen Arbeitsgruppen nicht bestätigt werden.

Basierend vor allem auf den *epidemiologischen Studien* hat die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) im Jahr 2011 *hochfrequente elektromagnetische*

Felder in die Gruppe 2B – möglicherweise krebserregend beim Menschen – eingestuft. „Möglicherweise“ bedeutet, dass es begrenzte Hinweise auf einen Zusammenhang gibt. Die IARC hat insgesamt fünf Gruppen definiert, mit denen krebsauslösende Wirkungen charakterisiert werden. Die Einordnung erfolgt anhand des wissenschaftlichen Kenntnisstands aus *epidemiologischen Studien*, Tierversuchen und *in-vitro-Untersuchungen*:

- Gruppe 1: krebserzeugend beim Menschen (z.B. *UV-Strahlung*, *ionisierende Strahlung*)
- Gruppe 2A: wahrscheinlich krebserzeugend beim Menschen (z.B. verschiedene Chemikalien)
- Gruppe 2B: möglicherweise krebserzeugend beim Menschen (z.B. niederfrequente Magnetfelder, *hochfrequente elektromagnetische Felder*)
- Gruppe 3: nicht klassifizierbar (wegen unzureichender Datenlage)
- Gruppe 4: wahrscheinlich nicht krebserzeugend beim Menschen

Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm

Um die Unsicherheiten bei der Bewertung der möglichen gesundheitlichen Wirkungen *hochfrequenter elektromagnetischer Felder* zu verringern, hat das BfS vor einigen Jahren das *Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF)* durchgeführt. Im Rahmen des DMF sollten die möglichen Wirkungen *hochfrequenter elektromagnetischer Felder* weiter geklärt, sowie mögliche Ursachen von gesundheitlichen Beeinträchtigungen und auch *Elektrosensibilität* aufgedeckt werden. In wissenschaftlichen Untersuchungen wurden die Hinweise aus bestehenden Studien überprüft. Die Forschungsergebnisse wurden bewertet, auf internationaler Ebene diskutiert und dann in der Öffentlichkeit kommuniziert.

54 Forschungsvorhaben wurden in den Bereichen Biologie, *Dosimetrie*, *Epidemiologie* und *Risikokommunikation* durchgeführt. Das DMF wurde zu gleichen Teilen vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und den Mobilfunkbetreibern mit insgesamt 17 Millionen Euro finanziert. Die Mobilfunkbetreiber hatten keinen Einfluss auf den Verlauf und das Ergebnis des DMF.

Insgesamt gaben die Ergebnisse des DMF keinen Anlass, die Schutzwirkung der bestehenden Grenzwerte anzuzweifeln. Hinweise auf gesundheitsrelevante Wirkungen aus älteren Studien konnten nicht bestätigt werden. Nähere Informationen finden sich auf der Internetseite des DMF (www.deutsches-mobilfunk-forschungsprogramm.de) und auf der Internetseite des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Nach Abschluss des DMF blieb allerdings weiterhin unklar, ob eine intensivere Handynutzung Langzeitwirkungen haben kann und ob Kinder und Jugendliche

gegenüber *hochfrequenten Feldern* empfindlicher sind. Diese Fragen werden weiterhin erforscht. Beispiele dafür sind die prospektive (in die Zukunft gerichtete) *Kohortenstudie COSMOS* (Cohort study of mobile phone use and health), die in mehreren Ländern durchgeführt wird, sowie die internationale Studie *MOBI-Kids*, die das *Risiko* für Hirntumore bei jugendlichen Handynutzern weiter untersucht.

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN STUDIEN UND DEREN BEWERTUNG:

- Unter www.emf-portal.de finden Sie eine wissenschaftsbasierte Literaturdatenbank, die über 18.500 (Stand November 2013) wissenschaftliche Dokumente und Studien zur Thematik *elektromagnetische Felder* und viele weiterführende Informationen enthält. Die Datenbank wird laufend aktualisiert.
- Die deutsche *Strahlenschutzkommission (SSK; www.ssk.de)* hat die Aufgabe, das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit in Fragen des Schutzes vor *ionisierender* und *nichtionisierender Strahlung* zu beraten. Sie bewertet regelmäßig den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand zu den möglichen Wirkungen *hochfrequenter Felder*.
- Die „*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*“ (*ICNIRP; www.icnirp.de*) ist eine unabhängige Organisation internationaler Expertinnen und Experten, die auf wissenschaftlicher Basis Empfehlungen zum Schutz vor *nichtionisierender Strahlung* ausarbeiten und veröffentlichen.
- Im Rahmen ihres EMF-Projekts (www.who.int/peh-emf/en/) bewertet die *Weltgesundheitsorganisation (WHO)* regelmäßig die *Risiken* im Bereich der *nichtionisierenden Strahlung*.

3. AUF DER SICHEREN SEITE: WIE SETZE ICH MICH WENIGER ELEKTROMAGNETISCHER STRAHLUNG AUS?

LERNZIELE

In Kapitel 3 steht der verantwortungsvolle Umgang mit der Mobilfunktechnik im Mittelpunkt. Die Schülerinnen und Schüler lernen Verhaltensregeln kennen, durch die sie die Belastung mit *elektromagnetischen Feldern* bei der Nutzung von *Handys* reduzieren können. Dazu muss ihnen vermittelt werden, wie die vom Körper aufgenommene Energie mit der Dauer und Stärke der Einwirkung (*Exposition*) und diese wiederum mit der Entfernung von der Quelle der *elektromagnetischen Felder* zusammenhängt. Wichtig ist es, dass die Schülerinnen und Schüler verstehen, wie die *automatische Leistungsregelung* des *Handys* funktioniert, damit sie unnötig hohe Belastungen vermeiden können.

HINTERGRUNDINFORMATIONEN

Die Grenzwerte schützen nach dem gegenwärtigen wissenschaftlichen Kenntnisstand vor gesundheitlichen Auswirkungen der *hochfrequenten elektromagnetischen Felder* der Mobilfunktechnik (siehe Kapitel 2). Es gibt aber noch offene Fragen zu Langzeitwirkungen, wenn *Handys* länger als zehn Jahre intensiv genutzt werden, und zu möglichen Wirkungen des Handygebrauchs auf Kinder und Jugendliche. Aber auch aus grundsätzlichen Erwägungen des vorsorgenden Gesundheitsschutzes setzt sich das *Bundesamt für Strahlenschutz* für Vorsorgemaßnahmen bei der Nutzung des Mobilfunks ein. Einfache Verhaltensmaßnahmen sollen die Stärke der *Strahlung* (Intensität) verringern und die Dauer der Einwirkung verkürzen. Damit kann die Strahlenbelastung so weit wie möglich reduziert werden.

Empfehlungen zur Reduzierung der persönlichen Strahlenbelastung

Die Strahlenbelastung durch das Telefonieren mit dem *Handy* direkt am Kopf ist sehr viel stärker als die Belastung durch *Mobilfunksendeanlagen*.

Man kann seine eigene Belastung deutlich reduzieren, wenn man die nachfolgenden Empfehlungen berücksichtigt:

- Bevorzugt im Festnetz telefonieren.
- Telefonate mit dem *Handy* kurz halten.
- Möglichst nur bei guten Sende- und Empfangsbedingungen telefonieren. Je schlechter die Verbindung des *Handys* zur *Basisstation* ist, desto größer ist die abgegebene Strahlungsleistung. In Kraftfahrzeugen sind die Bedingungen häufig schlecht. Telefonieren Sie deshalb vorzugsweise mit Freisprecheinrichtung und *Außenantenne*.
- Zum Telefonieren ein *Headset* verwenden. Dadurch wird der Abstand zwischen Kopf und *Handy* vergrößert. Die Intensität der elektromagnetischen Felder nimmt mit der Entfernung von der Sendeantenne schnell ab, so dass der Kopf beim Telefonieren nur noch wenig Strahlung ausgesetzt ist.
- *SMS* versenden. Auch dabei ist die Strahlenbelastung des Kopfes sehr gering.
- Beim Kauf eines neuen Gerätes ein möglichst strahlungsarmes Gerät mit niedrigem *SAR*-Wert wählen (Kapitel 4).

Smartphones bieten zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten, die aber zu einer erhöhten Belastung der Nutzer mit *hochfrequenten Feldern* führen können. Die folgenden Empfehlungen helfen dabei, die Belastung zu verringern:

- Surfen im Internet, E-Mails abrufen oder sich in sozialen Netzwerken austauschen möglichst bei gutem Empfang oder über *WLAN*. Bei *WLAN* ist die Sendeleistung in der Regel niedriger als bei den Mobilfunkstandards *GSM*, *UMTS* oder *LTE*.
- Beim Tragen des Smartphones am Körper auf den vom Hersteller angegebenen Mindestabstand achten und das dazu mitgelieferte Tragezubehör verwenden. Bei ungünstiger Lage des Smartphones kann im schlimmsten Fall der erlaubte Höchstwert der *SAR* von 2 W/kg überschritten werden.
- E-Mails nur bei Bedarf manuell abrufen und die Internetverbindung zwischenzeitlich vollständig abschalten. Dadurch kann die persönliche Strahlenbelastung besonders gering gehalten werden.

Ganz besonders gelten die genannten Empfehlungen für Kinder und heranwachsende Jugendliche. Sie befinden sich noch in der Entwicklung und könnten deshalb möglicherweise gesundheitlich empfindlicher reagieren als Erwachsene. Mit den Tipps lässt sich die persönliche Strahlenbelastung unkompliziert und effektiv minimieren, ohne auf den Gebrauch des *Handys* verzichten zu müssen. Einige Empfehlungen sind von den Schülerinnen und Schülern einfach einzuhalten, da sie ohnehin ihrem Nutzungsverhalten entsprechen. Sie nutzen häufig *SMS* oder andere textbasierte Mobilfunkdienste.

Unseriöse Tipps zum Strahlenschutz

Das *Bundesamt für Strahlenschutz* warnt vor unseriösen Tipps und Angeboten zum Schutz vor der von *Handys* ausgehenden *Strahlung*: Spezielle Aufkleber für *Handys*, Anstecker für die Handyantenne oder Rosenquarze für die Manteltasche reduzieren im Gegensatz zu den beschriebenen Vorsorgemaßnahmen eine mögliche Belastung nicht. Würde zum Beispiel das Sendesignal des *Handys* durch Anbringen eines solchen Aufklebers oder Ansteckers gedämpft, müsste das *Handy* sogar die *Sendeleistung* erhöhen, um weiter effektiv senden zu können. Dann würde der Körper im ungünstigen Fall sogar mehr Strahlungsenergie aufnehmen. Deshalb ist von Kauf und Einsatz solcher „Schutzvorrichtungen“ gegen den so genannten „*Elektrosmog*“ abzuraten.

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

Auf den Internetseiten des Bundesamtes für Strahlenschutz stehen unter dem Titel „Vorsorge“ <http://www.bfs.de/handytipps> weitere Informationen zur Verfügung.

4. AUGEN AUF BEIM HANDYKAUF!

LERNZIELE

Kapitel 4 soll den Schülerinnen und Schülern die Bedeutung der *Spezifischen Absorptionsrate (SAR)* verdeutlichen. Sie werden dazu befähigt, den *SAR*-Wert beim Handykauf in ihre Entscheidung miteinzubeziehen. Außerdem lernen sie die Bedeutung des *SAR*-wertes für den Anwendungsfall kennen, bei dem das *Handy* am Körper („body worn“) betrieben wird. Darüber hinaus erfahren sie, wo sie sich über *SAR*-Werte unterschiedlicher Handymodelle informieren können und lernen die Internetseiten des *Bundesamtes für Strahlenschutz* als wichtige Datenquelle kennen. Dort finden sie Informationen zu den *SAR*-Werten sowie zur Mobilfunktechnologie allgemein, inklusive der möglichen *Risiken*, und zum Strahlenschutz. Die Schülerinnen und Schüler informieren sich außerdem über die Anforderungen für die Vergabe des Umweltzeichens „*Blauer Engel*“ für *Handys*.

HINTERGRUNDINFORMATIONEN

SAR-Werte strahlungsarmer Handys

Aus Vorsorgegründen ist es prinzipiell empfehlenswert, strahlungsarme *Handys* zu nutzen. Wie viel Energie in den Körper aufgenommen wird, wenn hochfrequente elektromagnetische *Strahlung* auf ihn einwirkt, lässt sich anhand der *Spezifischen Absorptionsrate (SAR)* feststellen (Siehe Kapitel 2).

Die *SAR*-Werte aller im Handel erhältlichen *Handys* liegen unter der empfohlenen Obergrenze von 2 W/kg. Sie werden unter standardisierten Messbedingungen ermittelt, die in Normen festgelegt sind (siehe <http://www.bfs.de/sar-werte-handy>). Für die Messungen wird ein Modell eines menschlichen Kopfes verwendet (Abbildung 4.1). Beim standardisierten Verfahren wird unter ungünstigsten Empfangs- und Sendebedingungen gemessen, damit das *Handy* mit höchster Ausgangsleistung sendet. So wird sichergestellt, dass der maximale *SAR*-Wert ermittelt wird.

Für die Messung der *SAR*-Werte für das „Tragen des Handys am Körper“ mit Hilfe eines Körpermodells gibt es ebenfalls Vorschriften, die in Messnormen festgelegt sind. Diese *SAR*-Werte sind dann von Bedeutung, wenn das *Handy* in einer Tasche der Kleidung steckt, während mit dem *Headset* telefoniert wird oder das Smartphone ständig mit dem Internet verbunden ist und Nachrichten und E-Mails abfragt. Einige Hersteller geben bereits *SAR*-Werte für diese Anwendung an.

Allerdings gibt es zwischen den einzelnen Handy-Modellen erhebliche Unterschiede bei den *SAR*-Werten. Die Hersteller haben sich darauf geeinigt, dass die *SAR*-Werte jeweils in der Bedienungsanleitung angegeben werden. Zu einer Angabe des *SAR*-wertes auf der Verkaufsverpackung – wie es Verbraucherschutzverbände und das *Bundesamt für Strahlenschutz* fordern – sind sie allerdings meist nicht bereit.

Übersicht über SAR-Werte

Das *Bundesamt für Strahlenschutz* erhebt seit 2002 in regelmäßigen Abständen bei den Herstellern von Mobiltelefonen die *SAR*-Werte der marktüblichen *Handys*. Die ermittelten Werte sind nach Herstellern sortiert in einer Liste zusammengestellt (siehe <http://www.bfs.de/sar-werte-handy>). Die Tabelle enthält – soweit verfügbar – für das jeweilige *Handy* sowohl den *SAR*-Wert für das „Telefonieren mit dem Handy am Ohr“ („head“) als auch für „Handy am Körper getragen“ („body worn“). Da die Hersteller die *SAR*-Werte nach dem oben beschriebenen Verfahren ermitteln, sind sie vergleichbar. Wer sich ein neues *Handy* kaufen möchte, kann sich hier im Vorfeld über die *SAR*-Werte informieren.

Im November 2013 lagen die *SAR*-Werte der aktuell erhältlichen *Handys* zwischen 0,013 W/kg und 1,86 W/kg für das „Telefonieren mit dem Handy am Ohr“ und zwischen 0,188 W/kg und 1,84 W/kg für „Handy am Körper getragen“. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der jeweils aktuellen Erhebungen steht im Internet auf der Seite des *Bundesamtes für Strahlenschutz* unter: www.bfs.de/de/elektro/strahlenschutz_mobilfunk/schutz/vorsorge/oekolabel_mobiltelefone.html

Der *SAR*-Wert eines *Handys* wird immer unter den ungünstigsten Bedingungen ermittelt. Sogenannte *3G*-*Handys* können in der Regel *GSM* (im D-Netz oder im E-Netz), *UMTS* und mittlerweile teilweise auch *LTE* nutzen. In der Gebrauchsanweisung wird der höchste *SAR*-Wert angegeben, der sich bei der Nutzung eines dieser Standards bzw. Netze ermitteln lässt. Wenn man sich mit einem *3G*-*Handy* in einer *Funkzelle* des *UMTS*-Netzes befindet, sendet das *Handy* aufgrund der Besonderheiten des *UMTS*-Netzes (siehe Kapitel 1) oft mit einer niedrigeren *Sendeleistung*, so dass weniger Energie auf den Körper einwirkt.

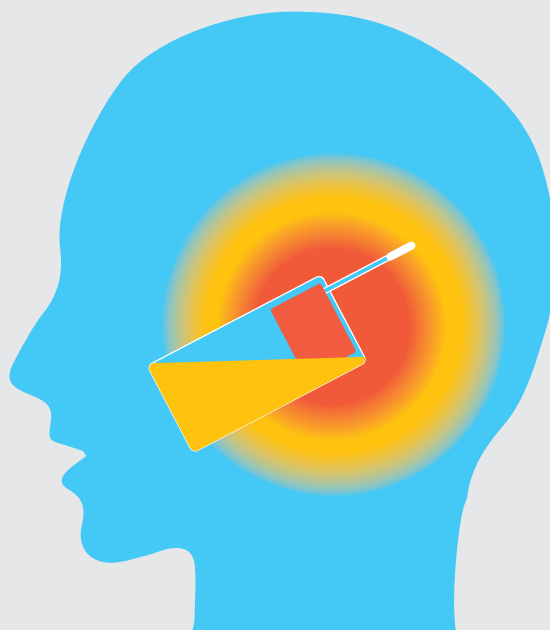


Abb. 4.1: Schematische Darstellung einer *SAR*-Wert-Messung auf der Oberfläche eines Modellkopfs beim Telefonieren mit einem Mobiltelefon.

Der Blaue Engel

Seit 2002 können in Deutschland strahlungsarme *Handys* mit dem Umweltzeichen „*Blauer Engel*“ ausgezeichnet werden. Grundlagen für die Vergabe des „*Blauen Engels*“ sind die folgenden Kriterien, die die Jury Umweltzeichen in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, dem *Bundesamt für Strahlenschutz* und dem Umweltbundesamt festgelegt hat:

1. Die spezifische Absorptionsrate darf maximal 0,6 W/kg betragen. Dieser Wert liegt deutlich unter dem derzeit gültigen Teilkörpergrenzwert von 2 W/kg.
2. Den Produktunterlagen sind Verhaltensregeln zur Minimierung der Strahlenbelastung beizulegen.
3. Zum Lieferumfang muss ein Headset gehören.
4. Auflagen zur Übersichtlichkeit der Verbraucherinformationen sind zu erfüllen.
5. Die Mobiltelefone müssen recyclinggerecht konstruiert sein.
6. Bei der Produktion der Geräte sind umweltfreundliche Materialien für Gerätegehäuse, Leiterplatten und elektronische Bauelemente zu verwenden.
7. Die Batterien und *Akkumulatoren* dürfen weder Blei noch Cadmium oder Quecksilber enthalten.
8. Eine umweltfreundliche Verpackung ist zu gewährleisten.
9. Ausgediente *Handys* mit dem „*Blauen Engel*“ werden kostenlos zurückgenommen und verwertet.

Die genauen Vergabeunterlagen können unter folgender Internetadresse eingesehen werden:

www.blauer-engel.de

Im Jahr 2007 erhielt das erste Mobiltelefon den „*Blauen Engel*“. Mit 0,59 Watt pro Kilogramm erfüllte das Gerät das Kriterium für den *SAR*-Wert nur knapp. Ende 2009 hat der Hersteller die Auszeichnung mit dem Umweltzeichen aufgekündigt.

Im September 2013 wurde zwei anderen Geräten das Umweltzeichen verliehen, die beide mit einem *SAR*-Wert von 0,49 Watt pro Kilogramm das Strahlenschutzkriterium des „*Blauen Engels*“ erfüllen.

Die meisten Hersteller halten sich zurück, da sie fürchten, dass – nachdem einzelne Geräte mit dem Ökolabel ausgezeichnet wurden – die nicht ausgezeichneten *Handys* von den Verbrauchern als gesundheitsgefährdend angesehen werden, obwohl auch sie den Teilkörpergrenzwert von 2 W/kg einhalten. Sie betrachten die mögliche Auszeichnung der strahlungsärmeren *Handys* nicht als verkaufsfördernde Maßnahme, sondern befürchten eine Diskriminierung der anderen Geräte ihres Sortiments, die den Anforderungen des „*Blauen Engels*“ nicht genügen.

Die Verbraucherverbände unterstützen dagegen das Label als ein Mittel der transparenten Kundeninformation und des Verbraucherschutzes.

Auch das *Bundesamt für Strahlenschutz* empfiehlt im Rahmen der präventiven Gesundheitsvorsorge die Auswahl von *Handys*, die einen möglichst niedrigen *SAR*-Wert haben und auf Antrag den „*Blauen Engel*“ erhalten würden.

Siehe www.bfs.de/de/elektro/strahlenschutz_mobilfunk/schutz/vorsorge/oekolabel_mobiltelefone.html

ARBEITSANREGUNGEN

Die Schülerinnen und Schüler können spielerisch mit dem „Handy-Domino“ (Arbeitsblatt 2.1) ihr Wissen zum Mobilfunk überprüfen. Mittels der in Arbeitsblatt 2.4 dargestellten Fakten können sie sich in einem (fiktiven) Leserbrief zur Thematik Gedanken machen. In einem weiteren Schritt könnten aktuelle Artikel zum Mobilfunk recherchiert werden und gegebenenfalls ein „realer“ Leserbrief formuliert werden. Das Interview (Arbeitsblatt 2.5) zeigt, dass es unterschiedliche Meinungen zu den möglichen Gefahren des Mobilfunks gibt. Hier können die Schülerinnen und Schüler die für sie wichtigen Verhaltensregeln für einen verantwortungsvollen Umgang mit dem *Handy* herausarbeiten und diskutieren.

GLOSSAR

A

Absorption

Siehe auch *SAR*.

Aufnahme der Energie der *Strahlung* durch Materie. Beim Durchgang der *Strahlung* durch Materie wird ihre Intensität geschwächt. Sie kann dabei in eine andere Energieform umgewandelt werden. Bei der Absorption der vom *Handy* ausgehenden hochfrequenten elektromagnetischen Wellen durch den Körper entsteht Wärme. Die von biologischen Geweben absorbierte Energie ist die Grundlage für die Bewertung der biologischen Wirkungen der *hochfrequenten elektromagnetischen Wellen*.

Akkumulator, Akku

Der Akkumulator versorgt das *Handy* mit elektrischer Energie, die er zuvor beim Ladevorgang gespeichert hat.

Amplitude

Maximale Auslenkung einer Schwingung oder einer Welle.

Antenne

Antennen dienen zur Abstrahlung und zum Empfang *elektromagnetischer Wellen*. Sowohl Mobilfunkbasisstationen als auch *Handys* verfügen über Antennen zur Abstrahlung und zum Empfang der jeweiligen *Funksignale*. Bei modernen *Handys* befinden sich die Antennen im Inneren und sind von außen deshalb nicht sichtbar.

Athermische Wirkungen

Biologische Effekte, die nicht durch eine Temperaturerhöhung des Gewebes verursacht werden.

Außenantenne

Unter einer Außenantenne wird eine außen an einem Kraftfahrzeug befestigte und mit dem *Handy* im Fahrzeuginnenraum verbundene *Antenne* verstanden. Über die Außenantenne hat das *Handy* eine bessere Funkverbindung zur *Basisstation* und kann deshalb mit einer geringeren Leistung senden. Die Strahlenbelastung im Innenraum wird reduziert.

Automatische Leistungsregelung

Während einer Verbindung zur nächsten *Mobilfunksendeanlage* passt das *Handy* seine *Sendeleistung* laufend den jeweiligen Funkbedingungen an. Wenn die Funkverbindung gut ist, sendet das *Handy* mit geringer Leistung. Wenn die *Basisstation* dagegen schwierig zu erreichen ist, muss das *Handy* seine Leistung erhöhen.

B

Basisstation

Siehe *Mobilfunksendeanlage*.

Biologische Effekte

In lebenden Objekten hervorgerufene Wirkungen (Organismen, Gewebe, Zellen).

„Blauer Engel“

Seit 2002 können in Deutschland strahlungsarme *Handys* mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ ausgezeichnet werden. Grundlage für die Vergabe des „Blauen Engels“ sind neben einem *SAR*-Wert von nicht mehr als 0,6 W/kg, der Mitlieferung eines *Headsets* und einer ausführlichen Kundeninformation, ökologische Aspekte wie recycelbare Bauteile und umweltverträgliche Materialien. Die Kriterien wurden von der Jury Umweltzeichen in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, dem *Bundesamt für Strahlenschutz* und dem Umweltbundesamt festgelegt.

Bluetooth

Bluetooth ist ein Industriestandard für die kabellose Vernetzung von Geräten der Telekommunikation und der Datenverarbeitung über kurze Entfernungen. Die Datenübertragung erfolgt mit Hilfe *hochfrequenter elektromagnetischer Wellen* im Frequenzbereich um 2.400 Megahertz. Damit kann Handyzubehör, zum Beispiel eine *Freisprechanlage* oder ein *Headset*, mit dem *Handy* kabellos verbunden werden.

Blut-Hirn-Schranke

Die Blut-Hirn-Schranke ist eine selektiv durchlässige Barriere zwischen Blut und Hirnsubstanz. Durch sie wird der Stoffaustausch zwischen Blut und Gehirn aktiv kontrolliert. Sie hält schädliche Stoffe von den Nervenzellen fern. Die Blut-Hirn-Schranke wird hauptsächlich von der inneren Zellschicht der kleinen Blutgefäße im Gehirn (Kapillar-Endothelzellen) und den umgebenden Hilfszellen (Astrozyten, Perizyten) gebildet.

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS, www.bfs.de)

Das Bundesamt für Strahlenschutz ist eine selbstständige, wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, die unter anderem die Bundesregierung bei Fragen des Strahlenschutzes berät.

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA, www.bundesnetzagentur.de)

Die Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen ist eine selbstständige Bundesoberbehörde des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Im Bereich Mobilfunk ist die

Bundesnetzagentur zum Beispiel für die Standortverfahren für Funkanlagen zuständig. Sie stellen sicher, dass die zum Schutz vor *elektromagnetischen Feldern* von Funkanlagen in Deutschland geltenden Grenzwerte eingehalten werden.

D

DECT-Telefone

Für das schnurlose Telefonieren zuhause oder in Gebäuden werden zurzeit hauptsächlich Geräte mit dem so genannten DECT-Standard (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) verwendet. DECT-Telefone übertragen mit Hilfe *hochfrequenter elektromagnetischer Felder* Gespräche zwischen einer am Telefonfestnetz angeschlossenen Feststation und tragbaren Handgeräten. Der verwendete Frequenzbereich liegt zwischen 1.800 und 1.900 Megahertz.

Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF)

Im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (2002-2008) wurden 54 Forschungsvorhaben in den Bereichen Biologie, *Dosimetrie*, *Epidemiologie* und *Risikokommunikation* durchgeführt.

Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm wurde zu gleichen Teilen vom Bundesministerium für Umwelt, Bau, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und den Mobilfunkbetreibern mit insgesamt 17 Millionen Euro finanziert. Umfangreiche Informationen über Aufbau, Durchführung und Ergebnisse des Programms sind unter www.emf-forschungsprogramm.de abrufbar.

Dezimalstellen

Dezimalstellen werden wie folgt umgerechnet:

Peta (P): 1.000.000.000.000.000 = 10^{15}

Tera (T): 1.000.000.000.000 = 10^{12}

Giga (G): 1.000.000.000 = 10^9

Mega (M): 1.000.000 = 10^6

Kilo (k): 1.000 = 10^3

Milli (m): 0,001 = 10^{-3}

Mikro (μ): 0,000001 = 10^{-6}

Nano (n): 0,000000001 = 10^{-9}

DNS (=DNA)

Desoxyribonukleinsäure, Träger der genetischen Information (s. *Erbsubstanz*)

Doppelblindversuch

Versuchsdurchführung, bei der weder der Proband / die Probandin noch die Personen, die die Untersuchungen durchführen, wissen, ob eine Einwirkung (z.B. eines *hochfrequenten elektromagnetischen Feldes*) stattfindet oder nicht. Erst wenn die Auswertung abgeschlossen ist, wird „entblindet“, d.h. die Ergebnisse werden den

tatsächlichen Versuchsbedingungen zugeordnet. Damit sollen zum Beispiel Beeinflussungen durch die Erwartungshaltung der Person, die die Versuche durchführt oder auswertet, ausgeschlossen werden.

Dosimetrie

Quantitative Erfassung der *Exposition* zum Beispiel durch *elektromagnetische Felder*. Mit einem Personendosimeter kann zum Beispiel die Höhe der individuellen Belastung einer Person durch *elektromagnetische Felder* bestimmt werden.

E

Elektrische Feldstärke

Maß für die Stärke eines *elektrischen Feldes*. Die elektrische Feldstärke (E) wird in Volt pro Meter (V/m) angegeben.

Elektrisches Feld

Kraftfeld, das sich zwischen elektrisch geladenen Körpern bildet. Entsprechend der Größe seiner elektrischen Ladung wird auf einen Körper im elektrischen Feld eine Kraftwirkung ausgeübt. Maß für die Stärke und Richtung dieser Kraftwirkung ist der elektrische Feldvektor E.

Elektromagnetische Wellen

Elektromagnetische Wellen entstehen durch zeitlich veränderliche elektrische Ströme und Spannungen an *Antennen*. Sie bestehen aus *elektrischen* und *magnetischen Feldern*, die in einer festen Beziehung zueinander stehen. Die elektromagnetischen Wellen werden von der *Antenne* abgestrahlt und breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit im Raum aus. Da sie keinen materiellen Träger benötigen, breiten sie sich auch im luftleeren Raum aus. Sie sind durch die Höhe der Wellenberge (die *Amplitude*) und den Abstand zwischen zwei Wellenbergen (die *Wellenlänge*) gekennzeichnet. Statt der *Wellenlänge* wird auch oft die *Frequenz* (Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, gemessen in Hertz (1 Hz = 1/s)) angegeben.

Elektromagnetisches Feld

Von einem elektromagnetischen Feld spricht man, wenn zeitlich veränderliche *elektrische* und *magnetische Felder* bei hohen *Frequenzen* untrennbar miteinander verknüpft sind.

Elektrosensibilität

Umschreibung für eine subjektiv empfundene besondere Empfindlichkeit gegenüber *elektromagnetischen Feldern*. Diese werden als Ursache für verschiedene Befindlichkeitsstörungen wie zum Beispiel Kopf- und Gliederschmerzen, Schlaflosigkeit, Schwindelgefühle, Konzentrationsschwäche und Antriebslosigkeit gese-

hen. Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen den Beschwerden und dem Einwirken *elektromagnetischer Felder* konnte bisher wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden.

Elektrosensitivität

Betroffene Personen haben die Fähigkeit, *elektromagnetische Felder* (zum Beispiel elektrische Ströme) bei Intensitäten wahrzunehmen, die niedriger liegen als beim Durchschnitt der Bevölkerung.

Elektrosmog

Der Begriff „Elektrosmog“ wird verwendet um das allgegenwärtige Vorkommen künstlicher *elektrischer, magnetischer* und *elektromagnetischer Felder* in der Umwelt des Menschen zu beschreiben. Der Begriff „Smog“ im Wort „Elektrosmog“ ist ein Kunstwort aus den englischen Wörtern „smoke“ (Rauch) und „fog“ (Nebel). Ähnlich wie der Begriff „Smog“, der gesundheitsschädliche Konzentrationen von Schadstoffen in der Luft bezeichnet, schließt auch der Begriff „Elektrosmog“ die Befürchtung gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch *elektromagnetische Felder* ein. Die Wortwahl ist fachlich ungenau und trägt eher zur allgemeinen Verunsicherung bei, trotzdem wird der Begriff „Elektrosmog“ vielfach in den Medien und in der öffentlichen Diskussion verwendet.

Epidemiologie

Epidemiologische Untersuchungen beschäftigen sich mit der Verteilung von Krankheiten in der Bevölkerung sowie mit den Risikofaktoren, die dieser Verteilung zugrunde liegen. Die häufigsten Studientypen zur Untersuchung des statistischen Zusammenhangs von Erkrankungen und zugrunde liegenden Risikofaktoren sind *Fall-Kontroll-Studien*, *Querschnittsstudien* und *Kohortenstudien*.

Erbsubstanz

Die Erbsubstanz (*DNS*, siehe dort) befindet sich in den Kernen der menschlichen Körperzellen und der Keimzellen. Man kann sie sich als Bauplan des menschlichen Körpers vorstellen, der an die Nachkommen weitergegeben wird. Wenn die Erbsubstanz beschädigt ist, kann es zu schweren Krankheiten wie zum Beispiel *Krebs* kommen.

Exposition

Als Exposition bezeichnet man die Einwirkung eines Umweltfaktors auf den menschlichen Körper oder Körperteile. Im Zusammenhang mit dem Mobilfunk versteht man darunter die Einwirkung *hochfrequenter elektromagnetischer Felder*. Bei einer Ganzkörperexposition wirken die *Felder* auf den ganzen Körper, bei einer Teilkörperexposition nur auf einzelne Körperteile ein.

F

Fall-Kontroll-Studie

In einer Fall-Kontroll-Studie wird untersucht, ob Personen mit einer bestimmten Krankheit (so genannte Fälle) häufiger oder höher exponiert waren als vergleichbare Personen ohne diese Krankheit (so genannte Kontrollen).

Feld

Zustand des Raumes, in dem jedem Raumpunkt der Wert einer physikalischen Größe, zum Beispiel der elektrischen oder magnetischen Feldstärke, zugeordnet werden kann. Im Zusammenhang mit dem Mobilfunk spielen *elektrische* und *magnetische* bzw. *elektromagnetische Felder* eine Rolle.

Fernfeld

Räumlicher Bereich des *elektromagnetischen Feldes* einer Strahlenquelle, in dem sich die Beträge der elektrischen und magnetischen Feldstärke umgekehrt proportional zur Entfernung von der Quelle verhalten (Strahlungsfeld in genügender Entfernung von der Quelle).

Freisprechanlage

Freisprechanlagen ermöglichen es, über ein Mikrofon und einen Lautsprecher zu telefonieren, ohne das *Handy* in die Hand nehmen zu müssen. Sie werden zum Beispiel in Fahrzeugen verwendet. Keine Person am Steuer darf während der Fahrt ohne Freisprechanlage telefonieren. Freisprechanlagen sollen das Unfallrisiko durch Ablenkung verringern.

Frequenz

Die Frequenz ist die Zahl der Schwingungen pro Sekunde einer *elektromagnetischen Welle*. Sie wird in Hertz (1 Hz = 1/s) angegeben. Vielfache werden als Kilohertz (1 kHz = 1.000 Hz), Megahertz (1 MHz = 1 Million Hz), Gigahertz (1 GHz = 1 Milliarde Hz) und Terahertz (1 THz = 1 Billion Hz) abgekürzt.

Funksignal

Das Funksignal ist eine hochfrequente *elektromagnetische Welle*. Es überträgt die Nachrichten einer *SMS*, eines Handytelefonates oder Informationen aus dem Internet in verschlüsselter Form. *Frequenz* oder *Amplitude* der *elektromagnetischen Welle* werden z.B. in Abhängigkeit von der vom Handymikrofon aufgenommenen digitalisierten Sprachinformation verändert (moduliert). Das Funksignal breitet sich von der *Handyantenne* oder der *Antenne* einer *Mobilfunksendeanlage* im Raum aus und kann von einer anderen *Antenne* wieder empfangen werden.

Funkzelle

Die *Mobilfunknetze* sind in Funkzellen unterteilt, um sehr viele Verbindungswünsche gleichzeitig abwickeln zu können und weil die *Sendeleistung* und damit die Funkreichweite eines einzelnen *Handys* stark begrenzt ist. In jeder Funkzelle befindet sich eine *Mobilfunksendeanlage*. Die Funkzellen sind ähnlich angeordnet wie die Waben eines Bienenstocks. Auf dem Land hat eine Funkzelle einen Durchmesser von mehreren Kilometern, in der Stadt ist ihr Durchmesser wesentlich kleiner.

G

GSM

Abkürzung für „Global System for Mobile Communications“. Internationaler Standard für den Mobilfunk. Die Sendefrequenzen liegen um 900 Megahertz (in den D-Netzen) und um 1.800 Megahertz (in den E-Netzen). Die Datenübertragungsrate beträgt 9,6 Kilobit pro Sekunde. Das Signal ist mit 217 Hertz gepulst.

3G und 4G

Bezeichnung für die neuen Mobilfunkgenerationen. „3G“ steht für dritte Generation, d.h. für *UMTS*. Im Display des *Handys* wird meist „3G“ angezeigt, wenn das *Handy* *UMTS* nutzt. „4G“ steht für *LTE* (Long term evolution).

H

Handy

Mobiltelefone werden in Deutschland Handy genannt. In England ist der Begriff „Handy“ für Mobiltelefone nicht gebräuchlich. Das englische Wort „Handy“ bedeutet direkt übersetzt „praktisch“, „geschickt“ oder „handlich“. In anderen Sprachen werden Mobiltelefone so bezeichnet:

Britisches Englisch: mobile phone oder mobile

Amerikanisches Englisch: cellular phone oder cellphone

Französisch: téléphone portable oder portable, cellulaire (in Kanada)

Italienisch: telefonino, telefono cellulare oder cellulare

Spanisch: teléfono móvil, teléfono celular oder celular

Portugiesisch: telefone portátil, telefone móvel

Türkisch: cep telefonu

Headset

Ein Headset ist eine Kombination aus Kopfhörer und Mikrofon, mit der telefoniert werden kann, ohne das *Handy* ans Ohr zu halten. Durch den Gebrauch eines Headsets wird die *Exposition* des Kopfes reduziert. Es gibt kabelgebundene und kabellose (mit Funk arbeitende) Headsets.

Hochfrequente elektromagnetische Felder (HF)

Elektromagnetische Felder mit Frequenzen zwischen 100 Kilohertz und 300 Gigahertz.

HSPA

Abkürzung des englischen Begriffs High Speed Packet Access. Damit wird eine Erweiterung des Mobilfunkstandards *UMTS* bezeichnet, die höhere Datenübertragungsraten ermöglicht.

I

ICNIRP

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Die Internationale Kommission zum Schutz vor *nichtionisierender Strahlung* ist eine unabhängige Organisation internationaler Expertinnen und Experten, die auf wissenschaftlicher Basis Empfehlungen zum Schutz vor *nichtionisierender Strahlung* ausarbeiten. Die meisten europäischen Länder, auch Deutschland, berücksichtigen die Empfehlung der ICNIRP bei ihren gesetzlichen Regelungen.

In vitro

Im Reagenzglas. In der Regel handelt es sich um Untersuchungen an *Zellkulturen*.

In vivo

Am lebenden Objekt. In der Regel handelt es sich um Untersuchungen an Tieren. Untersuchungen mit menschlichen Testpersonen nennt man Probandenstudien.

Ionisierende Strahlung

Energiereiche Strahlung, die direkt oder indirekt aus neutralen Atomen oder Molekülen elektrisch geladene Teilchen, so genannte Ionen, erzeugen kann. Diesen Vorgang bezeichnet man als Ionisation. Dazu gehören zum Beispiel die Gammastrahlung und die Röntgenstrahlung. Gammastrahlung ist eine hochenergetische, sehr kurzwellige elektromagnetische Strahlung, die beim radioaktiven Zerfall eines Atoms vom Atomkern ausgesandt wird. Unter Röntgenstrahlung versteht man eine hochenergetische, kurzwellige elektromagnetische Strahlung, die mit Hilfe technischer Einrichtungen (Röntgenröhre) erzeugt wird oder natürlich vorkommt (beispielsweise im Weltall).

K

Kohortenstudie

Eine Untersuchung, in der eine Gruppe von Personen (Kohorte) über längere Zeit beobachtet wird. Ihre *Exposition* mit Umweltfaktoren und weitere Parameter werden erfasst. Der Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Krankheiten und den Expositionsbedingungen und weiteren Faktoren wird untersucht.

Krebs

Unter Krebs werden Krankheiten verstanden, bei denen Körperzellen unkontrolliert zu wachsen beginnen und dabei gesundes Gewebe verdrängen oder zerstören. Solche Gewebewucherungen werden auch als Tumoren bezeichnet. Jedes Organ des menschlichen Körpers kann von Krebs befallen werden. Krebs ist die zweithäufigste Todesursache in Deutschland. Aber nicht jede Krebserkrankung ist tödlich: 30 bis 40 Prozent der Erkrankten können geheilt werden, vor allem dann, wenn der Krebs frühzeitig erkannt wird. Aus diesem Grund sind frühzeitige Vorsorgeuntersuchungen sehr wichtig.

Kontrollgruppe

Eine Gruppe von Zellen, Tieren oder Probanden, die weitestgehend identischen Bedingungen ausgesetzt sind wie die exponierten Individuen, außer dass die zu untersuchende *Exposition* nicht stattfindet.

L

Latenzzeit

In der Medizin bedeutet Latenzzeit die Zeit zwischen der Einwirkung einer krankheitserregenden Ursache auf den Organismus und dem Auftreten erkennbarer Symptome.

LTE

LTE steht für „Long-Term-Evolution“. LTE ermöglicht eine gegenüber *UMTS* nochmals deutlich höhere Datenübertragungsgeschwindigkeit.

M

Magnetisches Feld

Magnetische Felder treten dort auf, wo sich elektrische Ladungen bewegen, also zum Beispiel in der Umgebung eines stromdurchflossenen Leiters. Die Stärke eines magnetischen Feldes wird in Ampere pro Meter (A/m) angegeben. Sie nimmt mit dem Abstand zum erzeugenden Strom ab.

MMS

Abkürzung für „Multimedia Messaging Service“. Nachrichten, die neben Text auch Bilder, Musik oder Videos enthalten können und über das *Mobilfunknetz* zu einem anderen *Handy* geschickt werden.

Mobilfunkanlage

Siehe *Mobilfunksendeanlage*.

Mobilfunknetz

Derzeit gibt es drei große Mobilfunknetze, das *GSM*-, das *UMTS*- und das *LTE*-Netz. Das *GSM*-Netz ist unterteilt in das D-Netz und das E-Netz. Die Netze unterscheiden sich durch das Übertragungsverfahren und die genutzten Frequenzbereiche, beim D-Netz ist das der Bereich um 900 MHz, beim E-Netz um 1.800 MHz, bei *UMTS* um 2.000 MHz. *LTE* nutzt mehrere Frequenzbereiche.

Mobilfunksendeanlage

Mobilfunksendeanlagen werden auch *Mobilfunkanlagen* oder *Basisstationen* genannt. Mobilfunksendeanlagen sind die Sende- und Empfangsstationen der *Mobilfunknetze*. Jede Mobilfunksendeanlage versorgt eine *Funkzelle*. In Deutschland wird die flächendeckende Erreichbarkeit für Mobilfunknutzer über viele zigtausend Mobilfunksendeanlagen sichergestellt, die häufig von mehreren *Netzbetreibern* gemeinsam genutzt werden. Im Zuge des *LTE*-Netzaufbaus kommen weitere Anlagen dazu.

Modulation

Änderung eines Parameters oder mehrerer Parameter einer hochfrequenten Trägerwelle zur Übertragung von Informationen. So wird beispielsweise bei Rundfunkprogrammen (Träger im Megahertz-Bereich) die Sprache (Kilohertz-Bereich) durch Frequenzmodulation übertragen. Dabei wird die *Frequenz* der Trägerwelle im Rhythmus des Sprachsignals verändert. Andere Verfahren sind *Amplituden-* (Mittelwelle) oder *Phasen-* (*Richtfunk*) Modulation.

N

Nahfeld

Das Nahfeld einer Sendeantenne ist der Bereich in ihrer unmittelbaren Nähe.

Netzbetreiber

Netzbetreiber betreiben die *Mobilfunknetze*. Mobilfunkkunden und Serviceprovider müssen den Netzbetreibern Gebühren bezahlen, wenn sie die Netze nutzen.

Nichtionisierende Strahlung

Als nichtionisierend bezeichnet man elektromagnetische Strahlung, die keine Ionisationsvorgänge an Atomen oder Molekülen auslösen kann.

Nichtionisierende Strahlung wird unterteilt in:

Statische *elektrische* und *magnetische Felder*:

Frequenz 0 Hertz (Hz), Beispiel: Erdmagnetfeld;

niederfrequente *elektrische* und *magnetische Felder*:

Frequenzbereich kleiner 100 Kilohertz,

Beispiel: Wechselstrom;

hochfrequente elektromagnetische Felder: Frequenzbereich 100 Kilohertz – 300 Gigahertz,

Beispiel: Radio- und Mikrowellen;

optische Strahlung, Frequenzbereich: 300 GHz bis 3

Petahertz, Beispiel: sichtbares Licht

O

Optische Strahlung

Die optische Strahlung wird unterteilt in die Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich von 1 Millimeter bis 780 Nanometer (nm), das sichtbare Licht zwischen 780 nm und 400 nm und die *UV-Strahlung* zwischen 400 und 100 nm.

P

Prospektiver Ansatz

Ein Untersuchungsansatz, in dem eine definierte Personengruppe vorausschauend über einen bestimmten Zeitraum beobachtet wird. Ziel ist es dabei in der Regel, Ursachen für bestimmte Erkrankungen zu ermitteln.

Q

Querschnittsstudie

Epidemiologische Querschnittstudien umfassen eine Auswahl von Personen aus einer Zielgemeinschaft zu einem festen Zeitpunkt (Stichtag). Für die ausgewählten Personen werden der Krankheitsstatus und die gegenwärtige oder auch frühere *Exposition* gleichzeitig erhoben.

R

Resonanzfrequenz

Damit bezeichnet man die *Frequenz* eines *hochfrequenten Feldes*, bei der ein Körper bei der gleichen einwirkenden Feldstärke besonders viel Energie aufnimmt. Die Resonanzfrequenz ist von der Größe eines Objektes abhängig: Sie ergibt sich, wenn die Größe des bestrahlten Objekts etwa der halben *Wellenlänge* der einwirkenden *Strahlung* entspricht.

Retrospektiver Ansatz

Ein Untersuchungsansatz, in dem für eine bestimmte Personengruppe die *Exposition* und/oder das Auftreten von Krankheiten rückwirkend über einen bestimmten Zeitraum erhoben werden.

Richtfunk

Beim Richtfunk werden Informationen mittels Funkwellen gezielt von einem Ort zum anderen übertragen. Der Frequenzbereich liegt zwischen 2 und 60 Gigahertz. Die *Antennen* des Richtfunks haben oft die Form eines Parabolspiegels und strahlen stark gebündelt in eine bestimmte Richtung. Die sendenden und empfangenden *Antennen* müssen deshalb genau aufeinander ausgerichtet sein. Sie werden auf Funktürme montiert, um weite Strecken überwinden zu können.

Risiko

Qualitative und/oder quantitative Charakterisierung eines Schadens hinsichtlich der Möglichkeit seines Eintretens (Eintrittswahrscheinlichkeit) und der Tragweite der Schadenswirkung (Schadensausmaß).

Risikokommunikation

Wechselseitiger Prozess des Austausches von Informationen und Meinungen zu *Risiken* zwischen wissenschaftlichen Fachleuten, Risikomanagern (Behörden) und der Öffentlichkeit (zum Beispiel Betroffene, Interessensgruppen).

Risikowahrnehmung

Prozess der subjektiven Aufnahme, Verarbeitung und Bewertung von risikobezogenen Informationen aufgrund persönlicher Erfahrung, aufgenommener Informationen und der Kommunikation mit anderen Individuen.

Roaming

Unter Roaming versteht man die Möglichkeit, sich mit dem *Handy* in *Mobilfunknetze* einzubuchen, bei denen man kein Kunde ist. Auf diese Weise können Gespräche ins Ausland weitergeleitet werden und Anrufe aus dem Ausland mit dem im Inland angemeldeten *Handy* empfangen werden. Voraussetzung ist, dass die betreffenden Mobilfunkbetreiber ein Roaming-Abkommen geschlossen haben.

S

SAR

Siehe *Spezifische Absorptionsrate*.

Selbstverpflichtung

Freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunkbetreiber gegenüber der Bundesregierung vom 6. Dezember 2001 mit dem Ziel, die Vorsorge im Bereich des Mobilfunks weiter zu verbessern. Zentrale Inhalte sind die Verbesserung der Information der Behörden vor Ort, die gemeinsame Nutzung von Antennenstandorten, die alternative Standortprüfung bei Kindergärten und Schulen, die Verbesserung des Verbraucherschutzes, die Kennzeichnung von *Handys* und die Verstärkung der Forschung. Außerdem unterstützen die Mobilfunkbetreiber die kontinuierliche Überprüfung der Belastung der Bevölkerung durch *elektromagnetische Felder*.

Sendeleistung

Die von einer *Antenne* abgestrahlte elektrische Leistung.

SMS

Abkürzung für „Short Message Service“, kurze Textnachrichten mit einer begrenzten Anzahl von Zeichen. Das Verschicken einer SMS wird umgangssprachlich häufig als „simsen“ bezeichnet. Weiterentwicklungen der SMS existieren unter dem Namen Enhanced Message Service (EMS) und Multimedia Messaging Service (MMS).

Spezifische Absorptionsrate, SAR

Die spezifische Absorptionsrate (SAR) beschreibt die Energie bzw. die Leistung (Energie pro Zeiteinheit), die im Hochfrequenzfeld vom Körper aufgenommen wird bezogen auf die Masse des Körpers. Die Energie wird vor allem in Wärme umgewandelt. Die Maßeinheit der SAR ist Watt pro Kilogramm (W/kg). Die SAR wird über sechs Minuten Einwirkdauer gemittelt. Danach hat sich durch die körpereigene Wärmeregulierung ein Gleichgewicht zwischen Wärmezufuhr und -abgabe gebildet. Vorher wird die Erhöhung der Körpertemperatur allein von der aufgenommenen Energie bestimmt. Durch Mittelungen über unterschiedliche Massenbereiche wird zwischen Einwirkungen auf den ganzen Körper und Einwirkungen auf kleinere Gewebereiche unterschieden. Beispielsweise wird bei der Mittelung über 10 Gramm Körpergewebe – das entspricht der Masse des Auges – die inhomogene Energieverteilung im Nahfeldbereich von *Antennen* berücksichtigt (zum Beispiel bei Handybenutzung).

Strahlenexposition, Exposition

Als Strahlenexposition bezeichnet man die Einwirkung von *Strahlung* auf den menschlichen Körper oder Körperteile. Ganzkörperexposition ist die Einwirkung von *Strahlung* auf den ganzen Körper, Teilkörperexposition ist die Einwirkung von *Strahlung* auf einzelne Organe, Gewebe oder Körperteile.

Strahlenschutzkommission (SSK, www.ssk.de)

Die deutsche Strahlenschutzkommission hat die Aufgabe, das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit in Fragen des Schutzes vor *ionisierender* und *nichtionisierender Strahlung* zu beraten.

Strahlung

Strahlung breitet sich als *elektromagnetische Welle* beziehungsweise als Teilchenstrahlung durch Raum und Materie aus und transportiert Energie.

T

Thermische Wirkung

Wenn *hochfrequente elektromagnetische Felder* auf den Körper einwirken, wird die Energie in Wärme umgewandelt. Das bezeichnet man als thermische Wirkung der *hochfrequenten Felder*. Wird der gesamte Körper eines Menschen einer *Spezifischen Absorptionsrate (SAR)* von 4 Watt pro Kilogramm ausgesetzt, erhöht sich die Körpertemperatur innerhalb von 30 Minuten um etwa 1 Grad Celsius. Würde dieser Wert über einen längeren Zeitraum überschritten, könnte es zu gesundheitsschädlichen Wirkungen durch Erwärmung kommen. Durch verschiedene Regelungen ist sichergestellt, dass derartige gesundheitsschädliche Temperaturerhöhungen bei Nutzung des Mobilfunks ausgeschlossen sind.

U

UMTS

UMTS bedeutet „Universal Mobile Telecommunication System“. Es handelt sich um ein Mobilfunksystem der sogenannten „dritten Generation“ (3G), das aufgrund hoher Übertragungsraten neben Sprachkommunikation auch Bild- und Videoübertragung erlaubt. UMTS wurde 2003 gestartet und nutzt *Frequenzen* zwischen 1.900 und 2.170 Megahertz.

UV-Strahlung

Bereich der optischen Strahlung, der an den violetten Bereich des sichtbaren Lichts anschließt. Die *Wellenlänge* dieser *elektromagnetischen Strahlung* liegt zwischen 100 Nanometer und 400 Nanometer. Die UV-Strahlung gehört zur *nichtionisierenden Strahlung*, kann aber das *Erbmaterial* schädigen und so Hautkrebs verursachen.

V

Vorsorgeprinzip

Das Vorsorgeprinzip ist eine Handlungsmaxime, die besagt, dass bei Fehlen wissenschaftlicher Gewissheit über das Ausmaß und die Folgen einer Gefährdung von Mensch und Umwelt (zum Beispiel durch eine neue Technik) vorsorgende Maßnahmen zur Verhinderung von Schäden zu ergreifen sind. Beim Mobilfunk stützen sich die Vorsorgemaßnahmen vor allem auf die Information der Bevölkerung, die Intensivierung der Forschung sowie die Verringerung der *Exposition*.

W

Wellenlänge

Die Wellenlänge ist der Abstand benachbarter Schwingungszustände gleicher Phase in Ausbreitungsrichtung, zum Beispiel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wellenbergen.

Weltgesundheitsorganisation (WHO, www.who.int)

World Health Organization. Die Weltgesundheitsorganisation ist die Koordinationsbehörde der Vereinten Nationen für das internationale öffentliche Gesundheitswesen. Sie wurde am 7. April 1948 gegründet. Der Hauptsitz der WHO ist in Genf (Schweiz). Die WHO führt regelmäßig eine Risikobewertung im Bereich der *nichtionisierenden Strahlung* durch.

WLAN

Wireless Local Area Network. WLAN ist ein kabelloses lokales Netzwerk, das die Verbindung von Geräten der Telekommunikation und der Datenverarbeitung ermöglicht. Entfernungen bis zu 100 Metern, im Freien vereinzelt bis 300 Meter, können überbrückt werden. Die Datenübertragung erfolgt per Funk mit Hilfe hochfrequenter elektromagnetischer Wellen im Frequenzbereich von 2.400 Megahertz (MHz) und auch zwischen 5.000 und 6.000 MHz.

Z

Zellkulturen

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Wirkung *hochfrequenter elektromagnetischer Felder* werden zum Teil an bestimmten Zellen im Reagenzglas durchgeführt. Die Zellen werden zum Beispiel aus menschlichem Blut gewonnen. Es ist wesentlich einfacher, mit solchen Zellkulturen Experimente durchzuführen als mit Tieren oder Menschen. Zellkultur-Versuche sind gut geeignet, um spezielle Wirkungen zu untersuchen. Man kann allerdings nicht unmittelbar von Wirkungen auf Zellkultur-Ebene auf gesundheitsrelevante Wirkungen im Gesamtorganismus schließen.

Zeitschlitzverfahren

Verfahren, das es im Rahmen der digitalen Telekommunikation ermöglicht, auf einer Sendefrequenz mehrere Gespräche gleichzeitig zu übertragen. Die englische Bezeichnung ist „Time Division Multiple Access“ (TDMA). Jedem Gespräch wird jeweils ein Zeitschlitz zugewiesen, in dem die zeitlich aufgeteilten Sendesignale (digitalisierte und komprimierte Sprach-„Pakete“) übertragen werden. Beim GSM-System beispielsweise nutzt man acht Zeitschlitze von jeweils 577 Mikrosekunden (μ s) Dauer, um bis zu acht Gespräche gleichzeitig zu übertragen.

Kontakt:

Bundesamt für Strahlenschutz

Öffentlichkeitsarbeit

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: +49 (0) 3018 333 - 0

Telefax: +49 (0) 3018 333 - 1885

Internet: www.bfs.de

E-Mail: epost@bfs.de