

VOM ERSTEN FUNKEN BIS ZUR NEUSTEN WELLE

ZEITSTRAHL DER MOBILEN KOMMUNIKATION

2012

Jedes zweite Mobiltelefon in Deutschland ist ein Smartphone.

a Was unterscheidet ein Smartphone vom klassischen Handy?

2010

Mit der Versteigerung neuer Frequenzen durch die Bundesnetzagentur startet LTE in Deutschland. Fortan werden die LTE-Netze aufgebaut, wobei zunächst vor allem ländliche Gebiete mit der neuen Technik versorgt werden. **b** Was bedeutet LTE und was wird durch diese Technik ermöglicht?

2008

Eine historische Marke wird erreicht: In Deutschland gibt es nun mehr als _____ Mobilfunkanschlüsse und damit deutlich mehr Handys als Einwohner!

2000

In Deutschland werden UMTS-Lizenzen an die Mobilfunkbetreiber versteigert. **Kreuze an, welche Fakten über UMTS stimmen, und korrigiere die fehlerhaften Angaben:**

UMTS ...

- ... ermöglicht, dass Daten schneller übertragen werden.
- ... macht verschiedene Dienste gleichzeitig nutzbar.
- ... erlaubt erstmals eine Internetverbindung mit dem Handy.
- ... ist ein Mobilfunkstandard der vierten Generation.
- ... ist die Abkürzung für Universal Mobile Technology Standard.

1996

Das erste GSM-fähige Handy kommt auf den Markt. Am 3. Dezember wird die erste SMS mit folgendem Text verschickt:

c Was ist das Besondere an der GSM-Technik, dem »Mobilfunk der zweiten Generation« (2G)?

1986

In Deutschland startet das C-Netz: Nun ist auch Handover möglich und erstmals kann der Aufenthaltsort eines Teilnehmers automatisch ermittelt werden. Alle Teilnehmer des C-Netzes bekommen eine einheitliche Vorwahl, und zwar die ○○○○

d Was heißt eigentlich Handover und was ermöglicht es?

1983

Das erste kommerzielle Mobiltelefon der Welt ist da! Vom Motorola DynaTAC 8000 werden im ersten Jahr mehr als 300.000 Exemplare verkauft, obwohl es zu dieser Zeit _____ US-Dollar kostet. **e** Suche ein Bild vom ersten kaufbaren Mobiltelefon und finde heraus, wie lange man mit dem Handy telefonieren konnte, ohne es wieder aufzuladen!

1973

Am 3. April wird das erste Telefongespräch per Mobiltelefon geführt. Das »Handy« wiegt immer noch 1 Kilogramm. **f** Warum nennen wir Mobiltelefone eigentlich »Handys«?

1958

Das erste Mobilfunknetz in Deutschland, das A-Netz, startet. Die »mobilen« Telefone wiegen ganze:

- 3 kg
- 8 kg
- 16 kg

g Wiege doch einmal dein Handy zum Vergleich!

Aufgabe 1

Fülle die Lücken im Zeitstrahl aus! Beantworte ebenfalls die offenen Fragen a bis g! Recherchiere dafür selbstständig im Internet oder in der Bibliothek! Notiere deine Antworten auf einem separaten Blatt!

Aufgabe 2

Trage selbst ein Datum in den Zeitstrahl ein und formuliere eine Rechercheaufgabe für deine Mitschüler! Die Entwicklung der Mobilfunktechnik schreitet rasant voran: Bestimmt gibt es ein aktuelles Ereignis oder ein neues Forschungsergebnis, welches lohnt, hier festgehalten zu werden! Du kannst aber auch einen historischen Meilenstein hinzufügen.

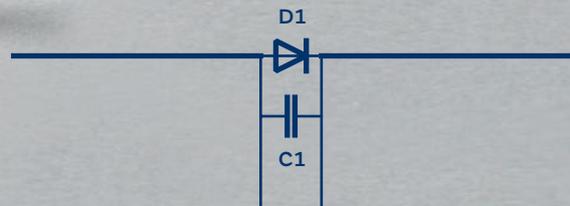
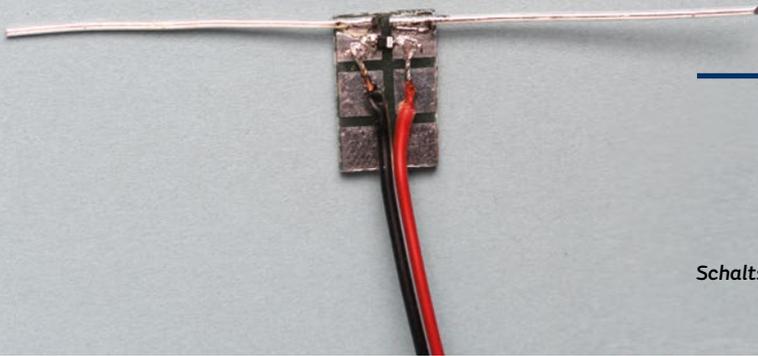


STARKE LEISTUNG!

VERSUCHSAUFBAU

Vorbereitend wird wie in folgender Abbildung eine Hochfrequenzdiode (im Elektronikfachhandel erhältlich) auf ein Stück Experimentierplatine gelötet. Gut geeignet sind moderne Schottky-Dioden wie BAT 45 (bedrahtet) und die günstigere SMD-Variante BAT 15 oder vergleichbare Dioden. Zwei Drahtstücke (jeweils etwa 3,5 Zentimeter lang) dienen als »Dipolantenne«.

An die HF-Diode wird ebenfalls ein Kabel angelötet, das mit einem Multimeter verbunden wird. Um auch bei GSM-Signalen brauchbare Ergebnisse zu erzielen, sollte ein Kondensator mit einer Kapazität von zehn Nanofarad parallel geschaltet werden, wie in der abgebildeten Schaltskizze zu sehen. Die Diode wird zur Durchführung des Versuchs an das Handy gehalten bzw. an ihm befestigt.



Schaltskizze bei Parallelschaltung eines Kondensators

DEINE AUFGABEN

Aufgabe 1

Beobachte und notiere, was passiert, wenn das Handy ...

- 1 ... ein- und ausgeschaltet wird!
- 2 ... einen Anruf bekommt oder tätigt!
- 3 ... eine SMS verschickt oder bekommt!
- 4 ... sich ganz in der Nähe oder weit weg von einer Basisstation befindet!

Aufgabe 2

Halte verschiedene Stoffe wie Kunststoff, Alufolie oder Papier zwischen das Handy und die Diode!

Wie beeinflussen diese Stoffe die Sende- und Empfangsleistung des Handys?

Aufgabe 3

Halte die Diode jeweils in die Nähe eines Mikrowellenherds, eines WLAN-Routers und eines Notebooks!

Bei welchem Gerät tritt die größte Sendeleistung auf?

Aufgabe 4

Stelle die bei den verschiedenen Messungen von Aufgabe 1 erhaltenen Werte mit unterschiedlichen Farben in einem Balkendiagramm dar! Die jeweilige Höhe eines Balkens bestimmst du durch die jeweils gemessene Leistung.

DAS GANZE SPEKTRUM

Aufgabe 1

Ordne die abgebildeten Begriffe in das elektromagnetische Spektrum ein! Das eingeordnete Beispiel sowie die angegebenen Frequenzen bzw. Wellenlängen können dir dabei helfen. Die Begriffe »Frequenz« und »Wellenlänge« kannst du auch im Online-Lexikon oder einem Schulbuch nachschlagen.

- | | |
|---|--|
|  Mikrowellen
2,45 GHz |  kosmische Strahlung
< 5 pm |
|  sichtbares Licht
380–780 nm |  Gammastrahlung
< 0,5 nm |
|  Radiowellen
30 kHz–300 MHz |  Röntgenstrahlung
~ 10 nm |
|  terrestrisches Fernsehen
474–786 MHz |  Mobilfunk, D-Netz
ca. 870–960 MHz |
|  UV-Licht
100–400 nm |  Mobilfunk, E-Netz
ca. 1700–1900 MHz |
|  Infrarotlicht
780 nm–1 mm |  NFC-Signal
13,56 MHz |

Aufgabe 2

Auf welcher Frequenz sendet dein Lieblingsradiosender? Den Frequenzbereich kannst du auf seiner Internetseite herausfinden.

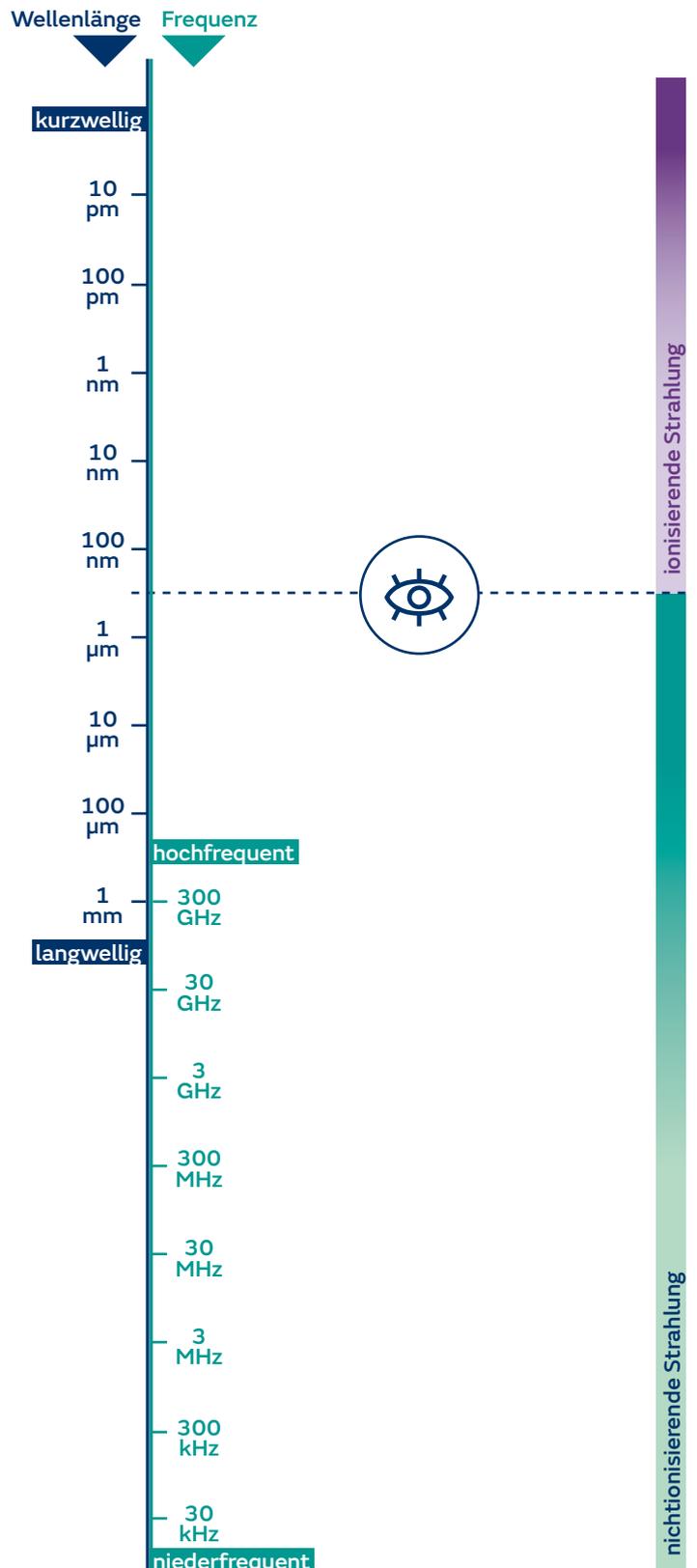
Aufgabe 3

Nenne zehn Gegenstände, die elektromagnetische Wellen nutzen! Füge drei davon in die Abbildung des elektromagnetischen Spektrums ein!

ELEKTROMAGNETISCHE WELLEN ...

... können technisch erzeugt werden, kommen aber auch in der Natur vor – z.B. gehen von der Sonne oder auch von einem Lagerfeuer elektromagnetische Wellen aus. Viele Alltagsgegenstände nutzen elektromagnetische Wellen, z.B. Mikrowellenherde, Radios oder Handys. Auch überall, wo elektrische Geräte Strom nutzen, werden elektromagnetische Wellen als »Nebenprodukt« ohne direkte Anwendung erzeugt.

DAS ELEKTROMAGNETISCHE SPEKTRUM



AUF UNTERSCHIEDLICHER WELLENLÄNGE

VERSUCHSAUFBAU

Auf ein Stück Experimentierplatine werden zwei in der Mitte unterbrochene Drahtstücke gelötet. Ein Drahtstück dient als Dipolantenne für das D-Netz, das andere für das E-Netz. Die Gesamtlänge beider Drahtstücke soll jeweils $\lambda/2$ entsprechen, das Drahtstück für das D-Netz muss also ca. 15,9 Zentimeter lang sein, das Drahtstück für das E-Netz ca. 8,1 Zentimeter (Verkürzungsfaktor ist berücksichtigt.)

Die Unterbrechungsstelle wird jeweils mit einer HF-Diode (z. B. BAT 15) überbrückt. Für das D-Netz wird antiparallel dazu eine grüne, für das E-Netz eine rote Leuchtdiode (LED) angelötet. Das fertige Experimentiergerät für das D- und E-Netz wird zur Durchführung des Versuchs an die Rückseite verschiedener GSM-Handys gehalten.



DEINE AUFGABEN

Aufgabe 1

Finde heraus, welches Netz dein Handy verwendet! Wenn die grüne LED beim Senden leuchtet, verwendet dein Handy das D-Netz, leuchtet die rote LED, nutzt dein Handy das E-Netz.

- Je länger die Drahtstücke des Dipols, desto höher die Frequenz, die der Dipol optimal empfängt.
- Die Wellenlänge wird auch als Lambda (λ) bezeichnet. Deshalb wird der Dipol in der Fachsprache Lambda-Halbe-Dipol genannt.

Aufgabe 2

Kreuze von den folgenden Aussagen die richtigen an und korrigiere die falschen!

- Die Länge der Dipolantenne muss doppelt so groß sein wie die Wellenlänge, die der Dipol senden und empfangen soll.
- Je kürzer die Wellenlänge einer Funkwelle ist, desto höher ist ihre Frequenz.

Aufgabe 3

Das D-Netz nutzt den Frequenzbereich um 900 MHz, das E-Netz den Frequenzbereich um 1800 MHz.

Warum ist dann die Antenne für das E-Netz kürzer als die Antenne für das D-Netz? Und welche ungefähre Länge hätte jeweils ein Lambda-Halbe-Dipol? Berate dich mit deinen Klassenkameraden!

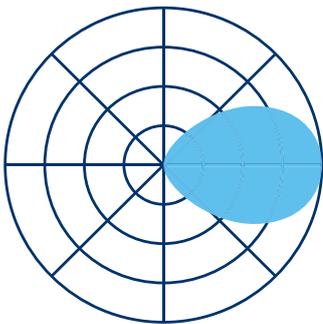
DIE RICHTIGE ANTENNE

Aufgabe 1

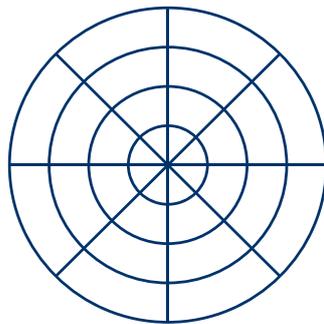
In der EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur findet man Angaben zur Hauptstrahlrichtung (HSR) einer Antenne. Für das unten stehende Beispiel ergibt sich das hellblau gezeichnete Strahlungsfeld. Skizziiere jeweils das Strahlungsfeld für:

- eine Basisstation mit zwei Antennen, Hauptstrahlrichtung 0° und 180°
- eine Basisstation mit drei Antennen, Hauptstrahlrichtung 0° , 120° und 240°

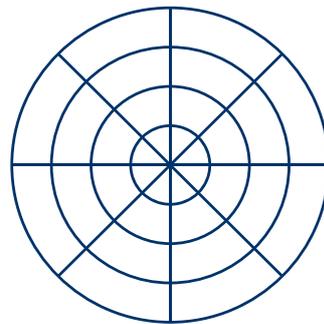
Sendeantenne	Montagehöhe über Grund (m)	Hauptstrahlrichtung (HSR) in $^\circ$	Sicherheitsabstand in HSR (m)	Vertikaler Sicherheitsabstand (m)
Mobilfunk	18,2	90	4,51	1,06



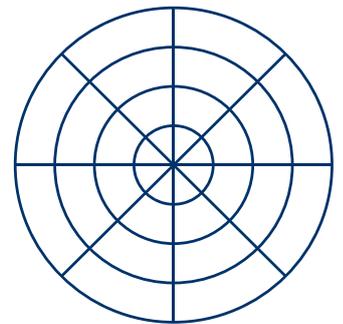
Beispiel



Basisstation mit zwei Antennen



Basisstation mit drei Antennen

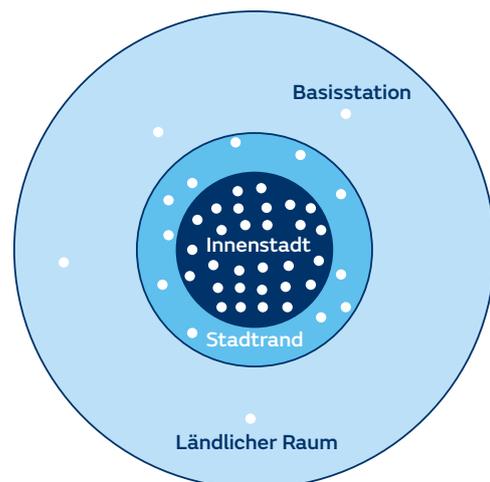


Basisstation in deiner Umgebung

Aufgabe 2

Sieh dir die Grafik an und kreuze die zutreffenden Aussagen an! Korrigiere die fehlerhaften Aussagen!

- In einer Funkzelle kann nur eine begrenzte Anzahl von Mobilfunkverbindungen (z. B. Telefonate, SMS) abgewickelt werden. Je mehr Menschen in einem Gebiet Mobilfunk nutzen, desto mehr Basisstationen werden benötigt.
- In der Stadt gibt es größere Basisstationen als auf dem Land.
- Je mehr Basisstationen in einem Gebiet stehen, desto größer sind die Funkzellen.
- Der Radius von Funkzellen ist unterschiedlich groß: von unter 100 Metern bis zu mehreren Kilometern.



Basisstationen in der Stadt und auf dem Land

Aufgabe 3

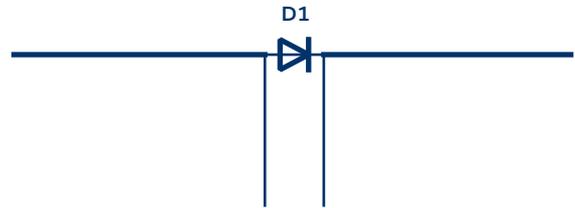
Vergleiche die Verteilung der Basisstationen in einer großen Stadt in deiner Nähe und auf dem Land in deiner Umgebung! Dafür kannst du die Standortdatenbank nutzen. Suche in der Datenbank die Daten einer Basisstation in deiner Umgebung und zeichne das Strahlungsfeld oben ein! emf2.bundesnetzagentur.de

BIS INS KLEINSTE DETAIL

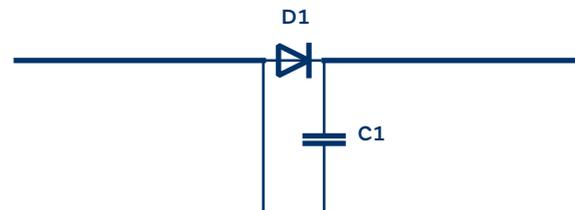
VERSUCHSAUFBAU

Um die Sendesignale eines Handys zu analysieren, wird eine Hochfrequenzdiode an ein Oszilloskop oder einen Computer angeschlossen. Hierzu wird die HF-Diode (z. B. die Schottky-Diode BAT 45 oder BAT 15) zusammen mit zwei Drahtstücken und einem Anschlusskabel auf ein Stück Experimentierplatine gelötet (vgl. Aufbau Versuchsanleitung: »Starke Leistung!«). Anschließend wird das Handy in der Nähe der Versuchsanordnung platziert. Die Entfernung ist so zu wählen, dass die maximal zulässige Spannung am Eingang der Soundkarte eines Computers nicht überschritten wird.

Das Kabel kann auch an den Mikrofoneingang der Soundkarte angeschlossen werden. Dafür wird zusätzlich ein Kondensator mit einer Kapazität von zehn Nanofarad in Reihe geschaltet, da am Mikrofoneingang eine Versorgungsspannung zur Verfügung steht, die den Versuch stören würde.



Schaltskizze bei Verwendung eines Oszilloskops oder bei Anschluss an den Line-in-Eingang eines PCs



Schaltskizze bei Anschluss an den Mikrofoneingang eines PCs

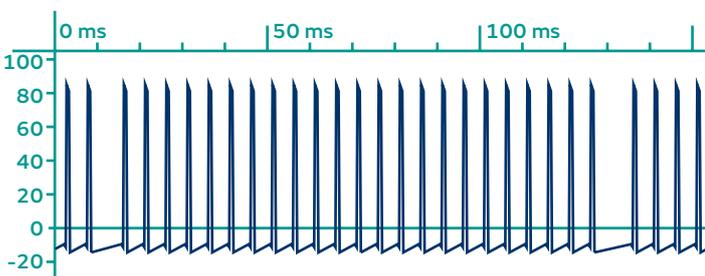
TIPP FÜR BASTLER

Anstelle der Hochfrequenzdiode kann ein Hochfrequenz-Sniffer für die Messung verwendet werden. Hiermit können Signale aus größerer Entfernung (auch von Basisstationen) untersucht werden. Hochfrequenz-Sniffer sind als Bausatz beim Arbeitskreis Amateurfunk und Telekommunikation in der Schule e. V. (AATIS) auf www.aatis.de erhältlich.

DEINE AUFGABEN

Aufgabe 1

Nimm die Signale eines GSM-Handys bzw. eines auf die Betriebsart GSM umgestellten Handys während eines Telefongesprächs auf! Beobachte, was passiert, wenn gesprochen und wenn nicht gesprochen wird!



GSM-Signale am PC

Aufgabe 2

Was ist zu beobachten, wenn du ...

- 1 ... zwei GSM-Handys gleichzeitig in die Nähe deines Messgeräts hältst?
- 2 ... beim Abspielen der aufgenommenen Signale den Zeitmaßstab veränderst?
- 3 ... die Messung an einem Ort mit schlechtem Empfang und an einem Ort mit besonders gutem Empfang durchführst?

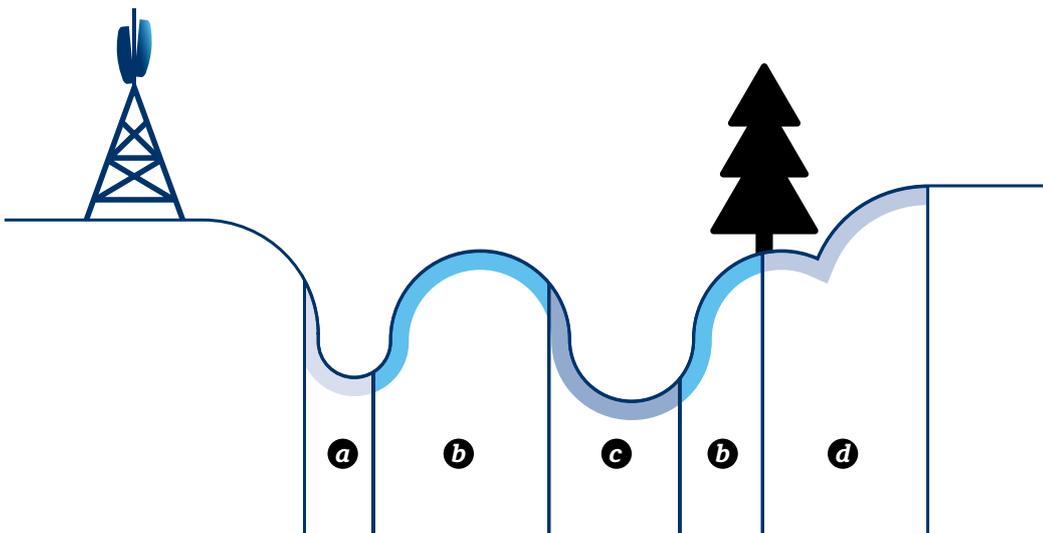
Aufgabe 3

Untersuche die Signale eines UMTS-Handys! Was kannst du beobachten? Wie erklärst du dir den Unterschied zwischen den Messungen mit GSM und mit UMTS?

WAS FÜR EIN EMPFANG!

Aufgabe 1

Zeichne von der Basisstation ausgehend Funkwellen in die abgebildete Landschaft! Die unten stehenden Infokästen helfen dir dabei.



Durch unterschiedliche Farben unterscheidest du:

- 1 direkte Funkwellen
- 2 reflektierte Funkwellen
- 3 gedämpfte Funkwellen

- a _____
- b _____
- c _____
- d _____

Äußere Einflüsse auf Funkwellen

Aufgabe 2

Schreibe in die Felder a bis d jeweils, um welchen Empfang es sich in dem Bereich handelt (Reflexionsempfang, direkter Empfang, kein Empfang durch Abschattung, gedämpfter Empfang)!

ABSORPTION UND DÄMPFUNG

Bei Funkwellen kommt es (ebenso wie bei Lichtwellen) nicht immer zur vollständigen Abschattung, wenn sie auf Gegenstände wie z.B. einen Baum treffen. Ein Teil der Wellen gelangt durch den Gegenstand hindurch, ein Teil wird von ihm absorbiert, also aufgenommen. Hinter dem Gegenstand ist der Empfang daher möglich, aber gedämpft.

BEUGUNG

Wenn Mobilfunkwellen auf Hindernisse wie Berge oder Häuser treffen, ändern sie ihren Verlauf: Sie werden »gebeugt«. Dadurch ist Beugungsempfang an Stellen möglich, an denen kein Sichtkontakt zu einer Basisstation besteht.

Aufgabe 3

Wo könnte eine zweite Basisstation stehen, durch deren Funkwellen es in der abgebildeten Landschaft keinen Bereich mehr ohne Empfang gäbe? Zeichne die zweite Basisstation ein! An welcher Stelle erfolgt Beugung? Zeichne die Stelle ein!

ABSCHATTUNG

Wenn Licht auf einen Gegenstand fällt, entsteht hinter diesem ein Schatten. Etwa das Gleiche passiert, wenn Funkwellen auf einen Gegenstand treffen: Hinter dem Gegenstand kommt es zur »Abschattung«. Es gibt also einen sehr schlechten oder gar keinen Empfang.

REFLEXION

Dass das auf einen Gegenstand treffende Licht reflektiert wird, weißt du bestimmt schon. Mit den Funkwellen verhält es sich genauso: Sie werden (zum Teil) reflektiert, wenn sie auf einen Gegenstand treffen. Dadurch können Mobilfunkwellen in Bereichen empfangen werden, wo ansonsten kein Empfang wäre.

HEISSE OHREN?

VERSUCHSAUFBAU

Um die Erwärmung des Akkus zu zeigen, wird ein Infrarotthermometer an ein Handy gehalten. Mit dem Handy werden verschiedene Aktionen durchgeführt, z. B. wird ein Anruf getätigt oder ein Spiel gespielt. Das Handy wird dabei nicht ans Ohr gehalten.



DEINE AUFGABEN

Aufgabe 1

Beobachte und notiere die Temperaturveränderungen des Handys, während du telefonierst oder während du ein Spiel auf dem Handy spielst! An welchen Stellen des Handys ändert sich die Temperatur besonders stark?

Aufgabe 2

Lade ein weitestgehend entladenes Mobiltelefon vollständig auf! Beobachte und fühle zunächst, wie sich die Temperatur verändert! Notiere die mit dem Thermometer gemessene Temperaturveränderung des Handys während des Ladevorgangs und erstelle ein Diagramm des Temperaturverlaufs!

Aufgabe 3

Bei der Diskussion über die Wirkung von Mobilfunk auf den Menschen wird häufig erwähnt, dass man beim Telefonieren mit dem Handy »heiße Ohren« bekommen kann. Dieses Phänomen wird meist auf die Wirkung der Funkwellen auf den Körper zurückgeführt. Erkläre anhand deiner Beobachtungen aus den Aufgaben 1 und 2, warum dies nicht stimmt! Warum heizt sich das Handy tatsächlich auf und gibt Wärme ab?

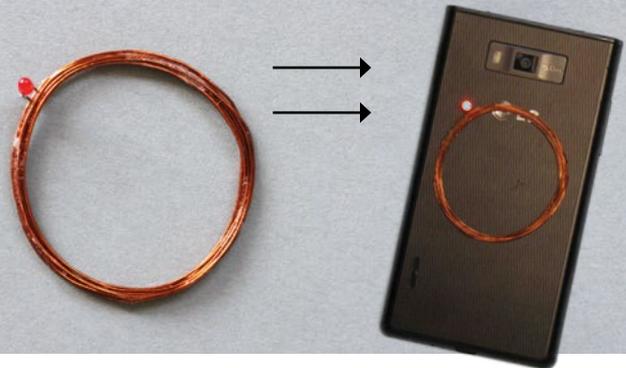
INFRAROTTHERMOMETER

Mit einem Infrarotthermometer kann man die Temperatur von Gegenständen messen, ohne sie dabei zu berühren. Zur Messung wird die Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) genutzt. Deshalb wird das Gerät manchmal auch Strahlungsthermometer genannt. Im Haushalt verwendet man heute häufig Fieberthermometer, die nach demselben Prinzip arbeiten. Die meisten weiterführenden Schulen haben ein Infrarotthermometer im Bestand.

WAS MEIN SMARTPHONE ALLES KANN ...

VERSUCHSAUFBAU (FÜR AUFGABE 1)

Um das NFC-Signal (NFC = Near Field Communication) eines Smartphones nachweisen zu können, wird aus einem 0,5-Millimeter-Draht eine Spule mit vier Zentimeter Durchmesser und neun Windungen gefertigt. An die Spule wird eine LED angelötet. Die Spule wird an der Rückseite eines Smartphones angebracht.



VERSUCHSVORBEREITUNG (FÜR AUFGABE 2)

Vorbereitend für Aufgabe 2 werden u. a. Apps zu folgenden Themen heruntergeladen:

- Signalstärke
- GPS
- Kompass (magnetischer Sensor)
- Beschleunigungssensor (Gyroskop)
- Winkelmesser

Mit den folgenden Apps können weitere Messungen und Versuche durchgeführt werden:

- Kamera (Spektrometer)
- Mikrophon (Soundanalyse, Frequenzmessung, Fourierspektrum, Zeitmessung)
- Lautsprecher (Tongenerator)
- Stoppuhr
- Magnetfeldsensor (Metalldetektor, stromdurchflossener Leiter)



DEINE AUFGABEN

Aufgabe 1

Führe mit dem Smartphone einen Datenaustausch per Near Field Communication durch und beobachte dabei die an der Rückseite des Smartphones angebrachte LED!

Aufgabe 2

Suche dir mit einem Klassenkameraden eine der Apps aus und probiert gemeinsam, was man damit messen kann. Stelle die App deinen Mitschülern vor und erläutere sinnvolle Anwendungen.

NEAR FIELD COMMUNICATION (NFC)

NFC ermöglicht den kontaktlosen Austausch von Daten über kurze Distanzen. Die Technik wird beispielsweise für bargeldlose Zahlungen oder den Kauf von Tickets bei der Bahn verwendet.