

# **MOBILE KOMMUNIKATION**

# TECHNIK DIE FASZINIERT



# **HERZLICH WILLKOMMEN!**

# **Der Online-Materialpool**

Das Heft »Mobile Kommunikation – Technik, die fasziniert« ist Teil der Reihe »Mobilfunk im Unterricht«. Die Hefte der Reihe bilden eine Einheit mit online zur Verfügung stehenden Materialien wie Arbeitsblättern, Versuchsanleitungen und Grafiken. Die weiteren Hefte beschäftigen sich mit den Auswirkungen der neuen Medien auf unser Sozial- und Kommunikationsverhalten sowie mit Umweltfragen. Alle im Online-Materialpool zur Verfügung stehenden Materialien sind ein kostenloses Angebot des Informationszentrums Mobilfunke. V.

Im Online-Materialpool auf

- > www.schulprojekt-mobilfunk.de finden Sie:
- Arbeitsblätter
- Versuchsanleitungen
- Grafiken und Abbildungen
- Lexikon mit wichtigen Fachbegriffen und Formeln
- Weitere Unterrichtsmaterialien zu verschiedenen Mobilfunkthemen
- Erklärfilme
- Linkliste
- Buchempfehlungen

## Vorwort

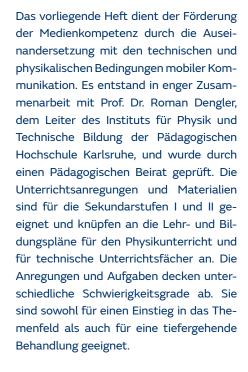
Eine Welt ohne mobile Kommunikation? Heute kaum noch vorstellbar. Auch wenn die ständige Erreichbarkeit manchmal lästig sein kann, so ist doch das Handy für viele unentbehrlich geworden. In wohl kaum einem anderen Bereich ist der technische Fortschritt so rasant und für alle spürbar. Zu Beginn des Mobilfunks ging es nur darum, unabhängig vom Festnetz, also mobil, telefonieren zu können. Die Geräte waren anfänglich sehr teuer und unhandlich und die Netzabdeckung schlecht. Heute ist man praktisch überall erreichbar und es sind weitere Dienste verfügbar. Mit einem modernen Handy bzw. Smartphone lassen sich auch Texte, Bilder oder Musik übermitteln und man hat Zugang zum Internet. Die technische Ausstattung dieser Geräte (Kamera, verschiedene Sensoren, Navigationsempfänger) bietet eine Fülle weiterer Möglichkeiten, die nicht direkt mit Mobilfunk zu tun haben.

Warum sollte »Mobile Kommunikation« in der Schule behandelt werden? Zum einen wegen der großen gesellschaftlichen Relevanz, aber aus naturwissenschaftlicher Sicht auch deshalb, weil dabei grundlegende physikalische und technische Aspekte thematisiert werden können. Dies betrifft die Eigenschaften elektromagnetischer Wellen ebenso wie die Struktur des Mobilfunknetzes. Mit Handy und Smartphone stehen Geräte zur Verfügung, mit denen sich eine Vielzahl von anschaulichen Experimenten kostengünstig durchführen lässt. Das vorliegende Heft liefert zusammen mit den dazu angebotenen Online-Materialien umfangreiche Informationen und bietet Anregungen für einen zeitgemäßen, abwechslungsreich gestalteten Unterricht.

Prof. Dr. Roman Dengler Pädagogische Hochschule Karlsruhe

### Editorial

Die junge Generation wächst mit mobiler Kommunikation auf, wendet sie ganz selbstverständlich tagtäglich an. Um einen verantwortungsvollen Umgang zu fördern, gibt das Informationszentrum Mobilfunk e.V. (IZMF) die Reihe »Mobilfunk im Unterricht« heraus. Die Reihe ist Teil des Schulprojekts Mobilfunk, welches vom IZMF mit dem Ziel ins Leben gerufen wurde, die verschiedenen Aspekte des Mobilfunks als Unterrichtsthemen aufzubereiten. Das Informationszentrum Mobilfunk ist Ansprechpartner für Bürgerinnen und Bürger, Medien sowie öffentliche und private Institutionen zum Thema mobile Kommunikation. Der eingetragene Verein wurde 2001 von den deutschen Mobilfunknetzbetreibern gegründet.



Wir wünschen Ihnen interessante, vielfältige Unterrichtseinheiten! Ihre Redaktion Schulprojekt Mobilfunk



# Anknüpfung an Lehr- und Bildungspläne

Das Heft ist fächerverbindend für den Physikunterricht sowie technische Unterrichtsfächer angelegt und knüpft an Inhalte der Lehr- und Bildungspläne für diese Fächer und darin geforderte Kompetenzen an.

#### Die Schüler

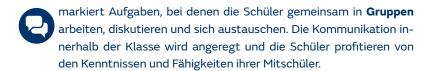
- lernen Techniken zur Übertragung von Informationen kennen.
- nehmen technische Geräte in Gebrauch und bedienen sie sachgemäß.
- führen Versuche durch und werten sie aus.
- lernen Eigenschaften elektromagnetischer Wellen kennen.
- verwenden physikalische Begriffe, Größen und Einheiten angemessen.
- nutzen physikalisches Wissen zum Bewerten von Risiken und Sicherheitsmaßnahmen bei Experimenten, im Alltag und bei modernen Technologien.
- stellen Messwerte grafisch dar.

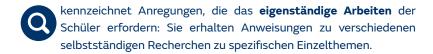
Bei der Durchführung der Versuche mit Handys ebenso wie bei der Verwendung der Versuchsanleitungen üben sich die Schüler im Messen, Planen, Protokollieren und Auswerten. Sie reflektieren die Ergebnisse und ziehen Schlussfolgerungen aus ihren Beobachtungen.

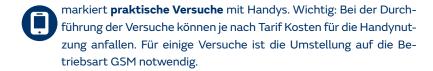
Beim Versuchsaufbau lernen die Schüler die Verwendung und Anordnung elektronischer Bauteile und das Lesen von Schaltskizzen. Für einige Versuchsanleitungen kann zur Vorbereitung gemeinsam mit den Schülern gelötet werden.

## Aufbau der Themenseiten

Jedem der vier Themen ist jeweils eine Doppelseite gewidmet, auf der Sie unter dem Punkt »Anregungen für Ihren Unterricht« methodisch vielfältige Unterrichtsideen finden. Zur schnellen Einordnung sind die Aufgaben durch folgende Icons gekennzeichnet:











#### Hinweise

Der Begriff »Handy« wird als Oberbegriff für Geräte der mobilen Kommunikation verwendet und der Begriff schließt auch Smartphones mit ein.

Im Heft wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit bei der Nennung mehrerer Personen (z.B. Schüler, Lehrer) durchgehend die männliche Form benutzt. Diese schließt natürlich auch immer die weibliche Form mit ein.

# Die Themen dieses Hefts

Das Heft umfasst vier Themenkomplexe. Zu Beginn richtet sich der Blick sowohl auf die Vergangenheit als auch auf die Zukunft der Mobilfunktechnik. Das zweite Kapitel widmet sich der Betrachtung von Funkwellen, Frequenzen und Übertragungsverfahren. In den Kapiteln 3 und 4 erfahren die Schüler Wissenswertes über Standorte und Aussehen von Mobilfunkantennen und setzen sich sowohl mit Einflüssen auf die Mobilfunkübertragung als auch mit der Wirkung des Mobilfunks auf den Körper auseinander.

## Inhaltsverzeichnis

Grundlagen mobiler Kommunikation	4
Elektromagnetische Wellen Mobilfunknetze und -antennen Wechselwirkungen mit Körper und Materie	6 8 10

#### **ONLINE-ANGEBOTE**

In der rechten Spalte erhalten Sie für jedes Thema Informationen zur Anknüpfung an die Lehr- und Bildungspläne sowie einen Überblick über die zu vermittelnden Kompetenzen. Zudem ist aufgeführt, welche Materialien Sie im Online-Materialpool zu dem Thema finden.

Dies sind unter anderem Begriffe, die im <u>A</u> LEXIKON nachgeschlagen werden können. Das Lexikon finden Sie unter **>** www.schulprojekt-mobilfunk.de/lexikon

Des Weiteren sind die online zur Verfügung stehenden GRAFIKEN und Abbildungen aufgeführt. Das Symbol VIDEO weist auf Erklärfilme des Informationszentrums Mobilfunk e.V. hin. Zudem erhalten Sie eine Beschreibung der zum Thema gehörenden ARBEITSBLÄTTER und VERSUCHSANLEITUNGEN. Den gesamten Materialpool mit allen Arbeitsblättern, Versuchsanleitungen, Grafiken und Videos finden Sie unter > www.schulprojekt-mobilfunk.de/unterrichtsmaterialien/online

#### ARBEITSBLÄTTER UND VERSUCHSANLEITUNGEN

Die Aufgaben weisen unterschiedliche Schwierigkeitsgrade auf. Dies wird durch die folgenden Symbole verdeutlicht:









Grundlagen mobiler Kommunikation

# KLEINES GERÄT – GROSSE GESCHICHTE

Mehr als 20 Jahre nach dem Start des digitalen Mobilfunks ist das Handy längst zum ständigen Begleiter geworden – gerade für die junge Generation. Die Entwicklung neuer Technologien und der flächendeckende Netzausbau ermöglichen mobile Kommunikation rund um die Uhr und an fast jedem Ort. Ein Blick zurück auf die Anfänge verdeutlicht die technische Entwicklung, aber auch die gesellschaftliche Bedeutung des Mobilfunks. Dabei wird schnell deutlich, dass sich die Technik auch künftig fortentwickeln wird und weitere Meilensteine folgen werden.

# Anregungen für Ihren Unterricht

# Zentrale Begriffe

Um sich einen Überblick über wichtige Begriffe und Standards der Mobilfunktechnik zu verschaffen, halten die Schüler in Kleingruppen Kurzreferate. Zur Vorbereitung können sie auf das Online-Lexikon zurückgreifen. Als Referatsthemen eignen sich u. a.: Die ersten Mobilfunknetze A-, B- und C-Netz; Das D- und E-Netz; GSM; UMTS; LTE und WLAN.

# Meilensteine der Zukunft

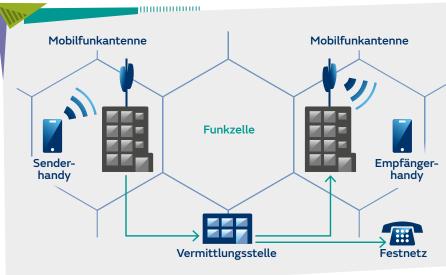
Die Schüler sammeln Mobilfunkanwendungen, die sie sich in Zukunft vorstellen können. Ob realistisch oder futuristisch – der Fantasie sind keine Grenzen gesetzt. Werden wir z. B. bald per Handy unsere Wohnungstür aufschließen oder es als smarte Uhr ständig am Körper tragen? Zur Ideenfindung und gegenseitigen Inspiration können die Schüler in Kleingruppen zusammenkommen und jeder schreibt in drei Minuten drei Ideen auf ein Blatt. Die Blätter werden innerhalb der Gruppe herumgegeben und der Nächste hat drei Minuten Zeit, die Ideen weiterzuentwickeln oder neue hinzuzufügen. Dies wird weitergeführt, bis jeder sein Blatt wieder vor sich hat. Nun einigt sich jede Gruppe auf die besten drei Ideen und stellt sie der Klasse vor.

# Von der Utopie zur Realität

Die Schüler recherchieren im Internet, welche Anwendungen tatsächlich in der Entwicklung sind und an welchen Möglichkeiten derzeit geforscht wird. Hilfreiche Stichwörter für die Eingabe in Suchmaschinen sind: digitale Anwendungen, E-Government, E-Health, E-Learning, Forschung, Kommunikation, Machine-to-Machine (M2M), M-Commerce, Mobilfunk, Navigation, Telematik. Die Schüler vergleichen die Funde mit ihren eigenen Ideen: Gibt es Übereinstimmungen? Was halten sie von den Entwicklungen?

# Zwischen Freizeichen und Klingelton

Um zu verdeutlichen, welche verschiedenen Prozesse ablaufen, um ein Telefonat einzuleiten, legen die Schüler zwei Handys, die das gleiche Mobilfunknetz verwenden, nebeneinander und rufen eines der Handys mit dem anderen an. Die Zeit vom ersten Freizeichen bei Handy 2 bis zum ersten Klingelton bei Handy 1 wird gestoppt. In einem weiteren Versuch werden die beiden Handys möglichst weit auseinander positioniert und der Vorgang wird wiederholt. Auch die Verbindungszeit zwischen zwei Handys, die unterschiedliche Netze verwenden, wird in einem weiteren Versuch gestoppt. Aufgrund des relativ geringen Zeitunterschiedes empfiehlt es sich, die Versuche mehrfach durchzuführen. Schüler der höheren Jahrgangsstufen können auch eine Statistik anlegen. Nun vergleichen die Schüler die gemessenen Zeiten. Dabei werden sie feststellen, dass die räumliche Entfernung zwischen Sender und Empfänger unbedeutend ist (denn die Funkwellen breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus; die Handys kommunizieren zudem nicht direkt), der Verbindungsaufbau in ein anderes Netz jedoch länger dauert (der Anruf muss vom einen Netz in das andere übermittelt werden). Lassen Sie Ihre Schüler



zunächst selbst überlegen, woran dies liegen könnte. Was glauben sie, passiert in der Zeit zwischen Freizeichen und Klingelton? Welcher Weg ist bis zum Empfänger zurückzulegen? Zur Nachbesprechung können Sie die abgebildete Grafik an die Schüler ausgeben und besprechen.

# Das typische Knacken

Legen Sie ein GSM-Handy bzw. ein auf die Betriebsart GSM umgestelltes Handy neben eine Stereoanlage, ein Radio oder einen PC-Lautsprecher. Die Schüler beobachten, was passiert, wenn sie das Handy aus- und wieder einschalten, wenn sie es anrufen oder ihm eine SMS schicken. Zu hören sind jeweils »Knackgeräusche«. Überlegen Sie gemeinsam, was die Geräusche verursacht: Die Funkwellen des Handys werden vom Lautsprecher aufgefangen. Die Geräusche sind also immer dann zu hören, wenn das Handy Funkwellen sendet. Beim Ein- und Ausschalten meldet sich das Handy beim Mobilfunknetz an und ab. Beim Empfang einer SMS ist das Geräusch bereits zu hören, bevor man den SMS-Ton hört. Die Basisstation nimmt als Erstes Kontakt zu dem Handy auf, um sich den Standort »bestätigen« zu lassen. Erst dann werden die Informationen an das Handy weitergeleitet. Auch wenn man ein Handy für mehrere Stunden neben einen Lautsprecher legt, können Knackgeräusche ertönen, denn auch ein unbenutztes Handy meldet sich in regelmäßigen Abständen bei der Basisstation an, um zu zeigen, dass es empfangsbereit ist. Ist das Handy auf die Betriebsart UMTS gestellt, ist kein »Knacken« zu hören, da bei UMTS mit einem kontinuierlichen Signal gearbeitet wird. Die Geräusche aber entstehen durch das Versenden der Informationen in Paketen.

In einigen Songs elektronischer Musik werden die »Knackgeräusche« auch absichtlich verwendet und sind deutlich hörbar. Um die Aufmerksamkeit Ihrer Schüler zu wecken, können Sie den Versuch mit einem solchen Song einleiten und die Schüler fragen, was ihnen an dem Lied auffällt. Erkennen sie die Geräusche?

Luetzenkirchen: »Lonely Phone Want To Speak«

> tinyurl.com/IZMF-LonelyPhone



# Arbeitsblätter und Versuchsanleitungen

### VOM ERSTEN FUNKEN BIS ZUR NEUSTEN WELLE

Anhand eines Zeitstrahls widmen sich die Schüler mittels eigenständiger Internetrecherche historischen Meilensteinen der Mobilfunkgeschichte.

### **STARKE LEISTUNG!**

Die Schüler werden angeleitet, einfache Messungen mittels einer Hochfrequenzdiode durchzuführen. Als Erstes beobachten sie die Sendeleistung beim Einschalten des Handys: Zunächst ist eine sehr starke Sendeleistung messbar, diese reguliert sich nach kurzer Zeit herunter (dynamische Leistungsregelung bei GSM). Bei der Messung der Sendeleistung während eines Gesprächs können die Schüler ebenfalls feststellen, dass das Handy zu Beginn stark sendet, die Sendeleistung im Gesprächsverlauf im Allgemeinen aber geringer wird. Die Schüler beobachten zudem die Sendeleistung beim Versenden und Empfangen einer SMS, und je nach Entfernung zu einer Basisstation. Als Ergebnis zeigt sich, dass das Handy bei größerer Entfernung stärker senden muss als in der Nähe einer Basissstation.

- Anknüpfung an die Lehr- und Bildungspläne
  - Meilensteine der Kommunikationstechnik
  - Voraussetzungen und Grundkenntnisse der Datenübertragung
  - Preisentwicklung elektronischer Geräte
  - Technische Entwicklungen im Informationsund Kommunikationsbereich und deren Auswirkungen auf andere Lebensbereiche

### Vermittelte Kompetenzen Die Schüler

- beschaffen sich eigenständig Informationen aus unterschiedlichen Quellen.
- nutzen sinnvolle Suchstrategien bei der Recherche.
- erheben Daten durch Messen, Beobachten, Beschreiben und Vergleichen.
- ordnen die Entwicklung der Kommunikationstechnik historisch ein und ziehen Rückschlüsse auf andere Lebensbereiche.

### **ONLINE-ANGEBOTE**

#### **A** LEXIKON

- > Basisstation, > Funkzelle, > GSM, > Handover,
- ➤ Handy, ➤ HSDPA, ➤ LTE, ➤ Mobilfunkgenerationen,
- Schottky-Diode, Smartphone, SMD, Sübertragungsstrecke, UMTS, Vermittlungsstelle,
   WLAN

#### **GRAFIKEN**

➤ Der Weg vom Sender zum Empfänger, ➤ Zeitstrahl der mobilen Kommunikation

#### **■** VIDEO

> Der Erklärfilm »Geschichte des Mobilfunks« des Informationszentrums Mobilfunk e.V. kann einleitend angesehen oder zur Bearbeitung des Arbeitsblattes »Vom ersten Funken bis zur neusten Welle« herangezogen werden.



Elektromagnetische Wellen

# UNSICHTBAR – UND DOCH UNVERZICHTBAR

Heinrich Rudolf Hertz kann kaum geahnt haben, was für einen bedeutenden Grundstein er legte, als er 1887 die von James Clerk Maxwell theoretisch vorausgesagten elektromagnetischen Wellen experimentell nachwies. Funkwellen bilden die Basis der mobilen Kommunikation, sie transportieren die Informationen mit Lichtgeschwindigkeit vom Sender zum Empfänger. Die Schüler setzen sich mit dem Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Frequenz auseinander und erfahren, wie die vielen gleichzeitig getätigten Handytelefonate technisch auseinandergehalten werden.

# Anregungen für Ihren Unterricht

# Wellen schlagen

Die Schüler klemmen ein elastisches Kunststofflineal auf ihre Tischplatte und lassen es dabei einige Zentimeter über die Tischkante hinausragen. Den in der Luft hängenden Teil des Lineals versetzen sie in Schwingung, indem sie ihn nach unten drücken und dann loslassen. Das Lineal schwingt auf und ab, wodurch einige Luftzonen verdichtet, andere verdünnt werden: Es entstehen fortschreitende Schallwellen. Die Schüler können das schwingende Ende nun im Wechsel verkürzen und verlängern und beobachten, wie sich die Tonhöhe dabei verändert. Erläutern Sie gemeinsam anhand der Beobachtungen den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Frequenz: Je kürzer das schwingende Ende, desto höher die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde und damit auch die Tonhöhe (Freguenz). Andersherum gilt: Je länger das überstehende Ende ist, desto länger sind auch die erzeugten Wellen. Gleichzeitig ist der zu hörende Ton aber tiefer, die Frequenz also niedriger.

# Das Herz mit »t«

Um den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Frequenz für sich zu veranschaulichen, zeichnen die Schüler auf einer Zeitachse von mindestens zwei Sekunden eine Schwingung mit sechs Hertz ein. Als Hilfe kann der Eintrag zur Einheit »Hertz« aus dem Online-Lexikon herangezogen werden.

# **Vielfacher Zugriff**

In einem Funknetz telefonieren viele Menschen gleichzeitig, ihre Telefonate müssen auseinandergehalten werden. Damit nicht alle Signale durcheinandergeraten, nutzt der Mobilfunk verschiedene Vielfachzugriffsverfahren:

Der GSM-Standard nutzt das Zeitmultiplexverfahren (TDMA), bei dem Gespräche über Zeitschlitze zugeordnet werden, und das Frequenzmultiplexverfahren (FDMA), bei dem über Frequenzen zugeordnet wird.

Die Standards UMTS und LTE nutzen das Codemultiplexverfahren (CDMA). Bei diesem Verfahren gelingt der Vielfachzugriff über

Codes. Sehen Sie sich zur Erklärung die abgebildete Grafik mit Ihren Schülern an. Zur Veranschaulichung dienen zudem die folgenden beiden Anregungen.

# Stimmengewirr und Signalsalat

Um den Schülern den Unterschied zwischen der Zuordnung nach Zeit und nach Code verständlich zu machen, simulieren Sie mit der Klasse ein Schulfest. Zunächst sprechen alle laut durcheinander bis zu einem vorher abgesprochenen Zeichen - die Schüler werden merken, dass sie sich kaum verständigen können. Eine Verständigung wie bei TDMA sähe im übertragenen Sinne so aus: Alle Schüler sprechen nur nacheinander, also in »Zeitschlitzen«. So können sie sich zwar gut verstehen, der Nachteil ist allerdings, dass sie ihr Gespräch ständig unterbrechen müssten. Bei CDMA dagegen können alle gleichzeitig reden. Dabei ist es so geregelt, dass jedes Gesprächspaar einen eigenen Code zur Verständigung nutzt - dies kann zur Verdeutlichung ein bestimmtes Geräusch oder eine bestimmte Sprache (Deutsch, Englisch etc.) sein. Auf diese Weise hört jeder Schüler seinen Gesprächspartner aus dem Stimmengewirr heraus, obwohl sich alle gleichzeitig unterhalten.

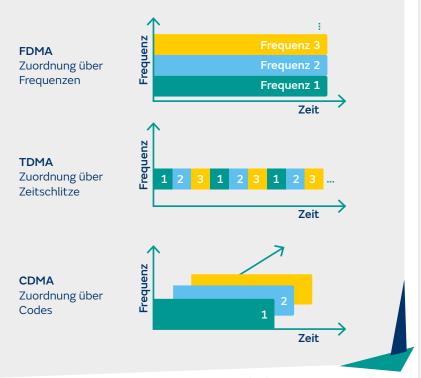
# Viele Wege führen von A nach B

Um zu veranschaulichen, wie Daten beim Zeit- und beim Frequenzmultiplexverfahren übertragen werden, stellen Sie in einigen Metern Abstand voneinander zwei Tische auf. Auf beiden Tischen werden acht Spalten (sinnbildlich für verschiedene Handys) markiert. Auf Tisch A werden in jede Spalte acht kleine Gegenstände (z.B. Bausteine) gelegt.

Für die Verdeutlichung von FDMA führen auf dem Boden acht Kreidelinien (sinnbildlich für die Frequenzen) jeweils von einer Spalte auf Tisch A zu der dazugehörigen Spalte auf Tisch B. Vor jede Spalte auf Tisch A stellt sich ein Schüler und nimmt einen Gegenstand aus seiner Spalte. Sie laufen gleichzeitig auf ihrer jeweiligen Kreidelinie von Tisch A nach Tisch B und legen dort die Gegenstände in

der jeweiligen Spalte ab. Um alle Gegenstände von Tisch A nach Tisch B zu transportieren, müssen die Schüler den Weg achtmal zurücklegen. Für die Veranschaulichung von TDMA gibt es anstelle der acht Kreidewege nur einen einzigen. Ein Schüler legt acht Gegenstände einer Spalte von Tisch A auf ein Tablett und transportiert sie in die dazugehörige Spalte auf Tisch B. Der Vorgang wird achtmal wiederholt.

Vergleichen Sie gemeinsam die beiden Verfahren: Die gleiche Datenmenge wurde übertragen. Beim Zeitmultiplexverfahren musste dafür aber weniger gelaufen bzw. gesendet werden, da mehr Daten auf einmal übertragen werden können.



Unterscheidung FDMA, TDMA und CDMA

- Anknüpfung an die Lehr- und Bildungspläne
  - Vergleich der Funktionalität von unterschiedlichen Mobiltelefonen
  - Vergleich alternativer technischer Lösungen
  - Amplitude, Tonhöhe und Frequenz, grafische Darstellung von Schwingungen
  - Frequenzverteilung im Funkverkehr

# Vermittelte Kompetenzen Die Schüler

- erörtern die Bedeutung der Wellenausbreitung in Natur und Technik.
- unterscheiden Schwingungen und Wellen anhand von Beispielen.
- verwenden Analogien und Modellvorstellungen zur Wissensgenerierung.
- verwenden physikalische Begriffe, Größen und ihre Einheiten angemessen.

#### **ONLINE-ANGEBOTE**

#### **A** LEXIKON

- > CDMA, > Elektromagnetische Felder, > FDMA,
- > Frequenz, > GSM, > Hertz, > Lambda, > LTE,
- ➤ Nicht ionisierende Strahlung, ➤ TDMA, ➤ UMTS,
- > Wellenlänge

#### **GRAFIKEN**

➤ Elektromagnetisches Spektrum, ➤ Piktogramme elektromagnetischer Wellenarten, ➤ Tabelle Vergleich GSM, UMTS und LTE, ➤ Unterscheidung FDMA, TDMA und CDMA

# Arbeitsblätter und Versuchsanleitungen

## DAS GANZE SPEKTRUM

Die Schüler übertragen in eine Abbildung des elektromagnetischen Spektrums, welche Wellen in welchen Frequenzbereichen vorkommen. Zur Erleichterung können Sie die Piktogramme der einzutragenden Wellen auf zusätzlichen Blättern ausdrucken. Die Schüler haben so die Möglichkeit, die Piktogramme auszuschneiden, zu sortieren und aufzukleben, sobald sie Klarheit über die korrekte Anordnung gewonnen haben. Die Abbildungen finden Sie im Online-Materialpool. Zum eigenständigen Ausfüllen können die Schüler außerdem Begriffe wie »Frequenz« oder »Wellenlänge« im Online-Lexikon nachschlagen. Als weitere Aufgabe sammeln die Schüler Alltagsgegenstände, die elektromagnetische Wellen senden.

#### AUF UNTERSCHIEDLICHER WELLENLÄNGE

Mit Dioden, Leuchtdioden und Draht als Dipol wird ein Nachweisgerät gebaut, das anzeigen kann, ob ein Handy im D- oder E-Netz sendet. Die Schüler haben zudem die Aufgabe, Aussagen zu verifizieren oder zu korrigieren (Aufgabe 2). Richtig sind die Aussagen 2 und 4. Aussage 1 muss richtig heißen: »Die Länge der Dipolantenne muss halb so groß sein wie die Wellenlänge, die der Dipol senden und empfangen soll«. Aussage 3 kann entweder

lauten: »Je länger die Drahtstücke des Dipols, desto niedriger die Frequenz, die der Dipol optimal empfängt.« oder: »Je kürzer die Drahtstücke des Dipols, desto höher die Frequenz, die der Dipol optimal empfängt.«



Mobilfunknetze und -antennen

# STATION AN DER BASIS

Mobilfunkwellen werden weder von Handy zu Handy übertragen noch sind sie einfach in der Luft vorhanden. Um überall mobil telefonieren zu können, braucht es ein flächendeckendes Netz von Mobilfunksendeanlagen. Der Blick wird in dieser Einheit auf etwas gelenkt, das zum heutigen Stadt- und Landschaftsbild dazugehört, aber kaum wahrgenommen wird: die Mobilfunkantennen. Wo werden sie benötigt? Wie sehen sie aus? Und wie versorgen sie ihre Umgebung mit Funkwellen?

# Anregungen für Ihren Unterricht

# Netz überlastet

In Kleingruppen erzählen sich die Schüler von ihren Erfahrungen mit dem Telefonieren oder dem Verschicken einer SMS in der Silvesternacht oder bei einem großen Festival. Was ist passiert und woran könnte das liegen? Anschließend wird gemeinsam diskutiert.

# Antennen der Umgebung

In der Standortdatenbank für Funkanlagen der Bundesnetzagentur können Ihre Schüler herausfinden, an welchen Stellen in der Umgebung ihrer Schule Basisstationen positioniert sind. Die Standorte tragen sie in eine Karte der Umgebung ein. Begeben Sie sich gemeinsam auf die Suche nach den in der Datenbank gefundenen Mobilfunkantennen und fotografieren Sie diese ab. Die Fotos können der Karte hinzugefügt werden. An schwer einsehbaren Stellen (z.B. auf Hausdächern) positionierte Antennen können ggf. über die Satellitenansicht von Online-Kartenprogrammen ausfindig gemacht werden. Diskutieren Sie, warum die Mobilfunkantennen an den jeweiligen Standorten aufgestellt wurden: Welche Bereiche versorgen sie vermutlich?

> emf2.bundesnetzagentur.de

# Virtuelle Welle



In einer Online-Simulation können sich Ihre Schüler ein Bild davon machen, wie sich elektromagnetische Wellen von Mobilfunkantennen ausgehend verbreiten.

Um eine Situation ähnlich wie in der eigenen Umgebung nachzustellen, kann die Größe der Häuser, die Leistung der Sendeanlagen oder auch der Abstand zwischen Antennen und Nachbarhäusern angepasst werden.

> www.izmf.de/de/content/feldsimulation

# So ein Energiebündel!

Um den Schülern zu verdeutlichen, dass Funkwellen in gebündelter Form am besten genutzt werden, bietet sich der Vergleich zu gebündeltem Licht an. Hängen Sie dazu in einem abgedunkelten Raum ein Bild an die Wand und beleuchten Sie es aus gleichem Abstand einmal mit einer Halogenlampe mit Reflektor und einmal mit einer Halogenlampe gleicher Leistung ohne Reflektor. Die Schüler werden feststellen, dass gezielt ausgerichtetes Licht das Bild besser ausleuchtet. Ebenso verhält es sich mit Funkwellen. Gebündelte Energie ist also effizienter.

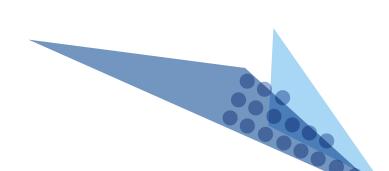
## Wie sehen Antennen aus?

Die Schüler suchen auf den Seiten von Antennenanbietern Bilder von Mobilfunkantennen. Sie können außerdem auf die in der Umgebung geschossenen Fotos (Anregung »Antennen der Umgebung«) zurückgreifen und die Bildersuche von Suchmaschinen verwenden. Die Schüler beschreiben die gefundenen Antennen so detailliert wie möglich und unterscheiden dabei verschiedene Typen.

# Berufsorientierung im Bereich Mobilfunktechnik

In den Berufsinformationszentren (BIZ) der Bundesagentur für Arbeit können sich Ihre Schüler über die verschiedenen Berufe im Bereich Mobilfunktechnik informieren: Welche Tätigkeiten werden ausgeübt, welches Wissen ist dafür nötig und welche Ausbildungswege kann man beschreiten?

> www.arbeitsagentur.de





Antennenmast mit verschiedenen Antennentypen

- Anknüpfung an die Lehr- und Bildungspläne
  - Antennen und Funkstationen
  - Elektronische Bauteile und Schaltungen
  - Technikeinsatz: Löten
- Vermittelte Kompetenzen
  Die Schüler
  - beschreiben den Aufbau komplexer technischer Geräte und deren Wirkungsweise.
  - setzen den Computer zum Messen, Steuern und Regeln ein.
  - führen Versuche durch und ziehen Schlussfolgerungen, reflektieren und diskutieren ihre Ergebnisse.
  - schätzen durch Einblicke in Berufsfelder im Informations- und Kommunikationsbereich ihre beruflichen Interessen und Neigungen ab.

# **ONLINE-ANGEBOTE**

#### **A** LEXIKON

- > Dipolantenne, > Feldstärke, > Funkzelle,
- ➤ Leistungsflussdichte, ➤ Sektorantenne, ➤ Standortbescheinigung, ➤ Standortdatenbank, ➤ Verbändevereinbarung

#### **GRAFIKEN**

- > Antennenmast mit verschiedenen Antennentypen,
- > Basisstationen in der Stadt und auf dem Land,
- > Strahlungsdiagramm einer Basisstation

#### **₩** VIDEO

Das kurze Video »Wie funktioniert Mobilfunk?« zeigt die technischen Hintergründe eines Handygesprächs und den Weg der Signale vom Sender- zum Empfängerhandy.

# Arbeitsblätter und Versuchsanleitungen

#### DIE RICHTIGE ANTENNE

Anhand eines Beispiels zeichnen die Schüler Strahlungsfelder von Mobilfunkantennen. Zudem vergleichen sie die Verteilung von Basisstationen in der Stadt und auf dem Land und sehen sich die Antennen in ihrer Umgebung genauer an.

#### **BIS INS KLEINSTE DETAIL**

Die Schüler analysieren die Sendesignale eines Handys mittels einer an ein Oszilloskop oder einen Computer angeschlossenen Hochfrequenzdiode. Sie beobachten Unterschiede je nach Zeitmaßstab, Empfangsqualität und Betriebsart des Handys (GSM und UMTS).



Wechselwirkungen mit Körper und Materie

# AUCH WELLEN KENNEN GRENZEN

Ebenso wie andere Arten von Wellen stehen Funkwellen in Wechselwirkung mit den Gegenständen und landschaftlichen Gegebenheiten in ihrer Umgebung. Sie durchdringen einige Materialien, durch andere wiederum kommen sie nicht hindurch. Dabei folgen sie bestimmten Gesetzmäßigkeiten. Die Schüler bringen in Erfahrung, welche Stoffe Funkwellen hindurchlassen und welche sie abschirmen. Außerdem beschäftigen sie sich mit der Wirkung von Mobilfunkwellen auf den menschlichen Körper.

# Anregungen für Ihren Unterricht

# Auf Empfang!

Um zu verdeutlichen, dass die Feldstärke vom Aufenthaltsort abhängt, teilen Sie den Klassenraum mit Kreidelinien in Felder von etwa einem Quadratmeter Größe ein. Zeichnen Sie den Raum mit den Feldern an der Tafel nach. Für den Versuch sollte der Empfang im Raum nicht zu gut sein. Die Schüler stellen sich nun in die gezeichneten Felder und geben die Balkenzahl ihrer Handys an. An der Tafel werden die Zahlen übernommen. Welche Unterschiede werden festgestellt? Auch der Vergleich verschiedener Netze kann interessante Ergebnisse hervorbringen. Als Weiterführung können die Schüler zudem den Empfang im Schulgebäude erkunden. Dabei untersuchen sie z.B. den Unterschied zwischen dem Empfang im Keller und im Dachgeschoss, im Klassenzimmer bei offenem und bei geschlossenem Fenster sowie vor dem Schulgebäude und innerhalb der Schule. Die Untersuchung kann auch auf die Umgebung ausgeweitet werden: Wie ist der Empfang in einem Aufzug (bei offener und geschlossener Tür), in einem Tunnel, in einem (Kirch-)Turm oder der U-Bahn?

# **Gut abgeschirmt**

In Kleingruppen wickeln die Schüler ein Handy komplett in Alufolie ein oder legen es in eine Brotbüchse aus Metall. Mit einem zweiten Handy rufen sie das »verpackte« Handy an. Was passiert? Das Handy empfängt die Funkwellen von der Basisstation nicht, da diese durch Metalle reflektiert werden, also nicht bis zum Handy gelangen. Fallen Ihren Schülern Beispiele aus dem Alltag ein, bei denen der Handyempfang durch Metall abgeschirmt wird?

Nun legen die Schüler das Handy in ein Schraubdeckelglas und beobachten die Balkenanzeige. Wie verändert sich diese, wenn sie
das Glas rundum mit Fliegengitter oder Maschendraht umwickeln?
Was ist zu beobachten, wenn sie das Glas in eine Schüssel voll
Wasser halten? Auf der Basis ihrer Feststellungen überlegen die
Schüler: Welche Stoffe lassen die Funkwellen durch, welche nicht?
Geben Sie Ihren Schülern die Möglichkeit, eigenständig weitere
Versuche durchzuführen. Sie können ein Handy mit verschiedenen
Stoffen einwickeln oder -bauen und versuchen, es anzurufen.

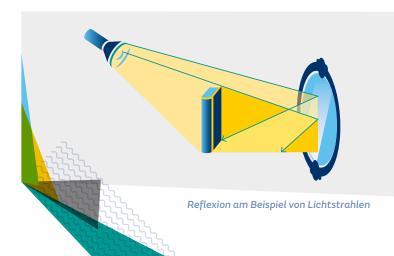
# Spieglein, Spieglein

Um zu veranschaulichen, wie Funkwellen durch Reflexion einen Bereich versorgen können, der keine direkten Funkwellen empfängt, empfiehlt sich der Vergleich mit Lichtwellen: Stellen Sie ein großes Buch hochkant auf einen Tisch und leuchten Sie mit einer Taschenlampe von schräg oben darauf, sodass ein Teil des Lichts über das Buch hinweg auf die Tischplatte fällt, direkt hinter dem Buch aber ein Schatten entsteht. Haben Ihre Schüler eine Idee, wie auch der im Schatten liegende Bereich ausgeleuchtet werden könnte? Stellen Sie zur Auflösung einen Spiegel so hinter das Buch, dass er das Licht reflektiert und der Schatten verschwindet.

## Die Spezifische Absorptionsrate (SAR)

Die Spezifische Absorptionsrate beziffert den Anteil der von elektromagnetischen Feldern erzeugten Energie, der im Körper aufgenommen (absorbiert) und in Wärme umgewandelt wird. Für die Stärke der elektromagnetischen Felder von Handys und Basisstationen gibt es jeweils gesetzlich festgelegte Grenzwerte. Der SAR-Grenzwert für Handys beträgt zwei Watt pro Kilogramm Körpergewebe. Auf der Website des IZMF können Ihre Schüler herausfinden, welcher SAR-Wert erreicht wird, wenn ihr Handy mit maximaler Leistung sendet.

> www.izmf.de/de/content/sar-werte-von-handys



# An alles gedacht

Die Schüler überlegen, ob die Sendeleistung eines Handys in den folgenden Situationen eher stark oder gering ist und was das für die Spezifische Absorptionsrate am Kopf bedeutet: Verbindungsaufbau für ein Telefonat, Telefonat bei gutem und bei schlechtem Empfang sowie während einer Autofahrt, Versenden einer SMS. Dabei unterscheiden sie jeweils, ob ein GSM- oder ein UMTS-Handy benutzt wird. Für Situationen, in denen die Spezifische Absorptionsrate hoch ist, überlegen sich die Schüler Strategien zur ihrer Reduzierung wie z.B. das Verwenden eines Headsets.

## Mobilfunk und Gesundheit

Die gesundheitlichen Auswirkungen des Mobilfunks werden kontrovers diskutiert. Die wissenschaftliche Forschung konnte Befürchtungen bislang nicht bestätigen. Behörden gehen davon aus, dass bei Einhaltung der Grenzwerte keine Gesundheitsschäden durch Mobilfunk zu erwarten sind. Informationen zu Grenzwerten und Fachstudien finden Sie auf den Seiten des IZMF und des Bundesamtes für Strahlenschutz. Das Thema wird auch in weiteren Unterrichtsmaterialien des Schulprojekts Mobilfunk sowie in der Broschüre »Mobilfunk und Gesundheit – eine Information für Eltern« vom IZMF und der Kinderumwelt gGmbH behandelt.

- > www.bfs.de/de/elektro/strahlenschutz\_mobilfunk
- > www.izmf.de/gesundheit
- > www.izmf.de/infomaterial/gesundheit

# Arbeitsblätter und Versuchsanleitungen

#### **WAS FÜR EIN EMPFANG!**

Die Schüler zeichnen in eine hügelige Landschaft direkte, reflektierte und gedämpfte Funkwellen ein.

#### TAPETENWECHSEL SINNVOLL?

Die Schüler beantworten anhand eines fiktiven Gesprächs Fragen zur Abschirmung von Mobilfunkstrahlung. Als Hilfe dient der Eintrag »Dezibel« im Online-Lexikon. Die richtigen Lösungen: • 99 % der Strahlung werden abgeschirmt. • Dämpfung beträgt dann 23 dB. • Empfangssignal mit Tapete im Haus: -50 dBm. • Telefonieren ist möglich. • Zum Ausprobieren Handy in Tapete wickeln. • Auf Terrasse sendet Handy mit geringerer Leistung. • Empfangsqualität verdoppelt sich nicht. • Empfangsstärke in 40 m Entfernung: -36 dBm.

### **HEISSE OHREN**

Das Phänomen »heiße Ohren« gilt oft als Beweis für die gesundheitsschädigende Wirkung des Mobilfunks. Der Effekt geht jedoch vor allem auf ein Aufheizen des Akkus zurück. Die Schüler prüfen dies durch Temperaturmessungen.

#### **WAS MEIN SMARTPHONE ALLES KANN ...**

Die Schüler setzen sich experimentell mit der Anwendung Near Field Communication (NFC) auseinander und testen über verschiedene Programme, was sich mit den im Smartphone enthaltenen Sensoren alles messen lässt.

- 🖐 Anknüpfung an die Lehr- und Bildungspläne
  - Gesetzmäßigkeiten von Absorption, Reflexion und Beugung
  - Wechselwirkung von Strahlung und Materie
  - Grundlegende Stoffeigenschaften und deren Bedeutung in alltäglichen Situationen
  - Versuche planen und durchführen

# Vermittelte Kompetenzen Die Schüler

- nutzen physikalisches Wissen zur Bewertung von Risiken und Sicherheitsmaßnahmen bei Experimenten, im Alltag und bei modernen Technologien.
- können Geräte und Anwendungen aus dem Bereich Information und Kommunikation des schulischen oder privaten Alltags in Betrieb nehmen, gebrauchen und bedienen.
- verknüpfen ihr Alltags- und Fachwissen mit neuen Wissenselementen.

### **ONLINE-ANGEBOTE**

### **A** LEXIKON

- ➤ Abschattung, ➤ Absorption, ➤ Beugung, ➤ Bundesimmissionsschutzverordnung, ➤ Bundesnetzagentur,
- ➤ Dämpfung, ➤ Dezibel, ➤ Emission, ➤ Feldstärke,
- ➤ Grenzwerte, ➤ Immission, ➤ Leistungsflussdichte,
- > NFC, > Reflexion, > SAR-Grenzwert

#### **GRAFIKEN**

➤ Äußere Einflüsse auf Funkwellen, ➤ Reflexion am Beispiel von Lichtstrahlen

#### **VIDEO**

Das Erklärvideo »Wie wird der SAR-Wert eines Handys gemessen?« zeigt, wie Wissenschaftler prüfen, ob ein Handy den gesetzlichen Vorgaben zur Spezifischen Absorptionsrate entspricht.



## **Impressum**

Informationszentrum Mobilfunk e. V. (IZMF) Redaktion Schulprojekt Mobilfunk

Hegelplatz 1 10117 Berlin

Telefon: (030) 2 09 16 98-0 Telefax: (030) 2 09 16 98-11

Alle Materialien des Schulprojekts Mobilfunk können Sie unter folgender Adresse bestellen: redaktion@schulprojekt-mobilfunk.de

- > www.izmf.de
- > www.schulprojekt-mobilfunk.de

Redaktion und Gestaltung:

capito – Agentur für Bildungskommunikation GmbH, Berlin Pädagogische Beratung: Pädagogischer Beirat, capito

> www.capito.de

In Zusammenarbeit mit:

Prof. Dr. Roman Dengler, Pädagogische Hochschule Karlsruhe

> www.ph-karlsruhe.de

Bildnachweis:

Illustrationen: Informationszentrum Mobilfunk e. V./capito Fotos: Prof. Dr. Roman Dengler

#### Hinweise:

Wir erklären mit Blick auf die genannten Internet-Links, dass wir keinerlei Einfluss auf die Gestaltung und die Inhalte der Seiten haben und uns ihre Inhalte nicht zu eigen machen.

Das Manuskript ist mit äußerster Sorgfalt bearbeitet worden. Eine Gewähr für die Richtigkeit kann jedoch nicht übernommen werden.

Stand: Oktober 2013

# Literaturempfehlungen

- Schülerduden Physik, 7. aktualisierte Auflage, Bibliographisches Institut, Mannheim, 2010
- Ludwig Bergmann, Clemens Schaefer: Lehrbuch der Experimentalphysik, Band 2 – Elektromagnetismus, 9. Auflage, De Gruyter, 2006
- Alois Krischke: Rothammels Antennenbuch, aktualisierte und stark erweiterte 13. Auflage, DARC Verlag, 2013
- Technik erleben: Materialien für einen schülerzentrierten Unterricht, Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, 2007

# Weiterführende Links

Versuchsanleitungen, Bilder und Experimente für den Unterricht:

- > www.iap.uni-bonn.de/P2K
- > www.leifiphysik.de

Zwei Java-Applets, mit denen verschiedene elektrodynamische Wellentypen visualisiert werden können:

> www.itp.tu-berlin.de/menue/lehre/owl/e-dyn/emwave

Der Arbeitskreis Amateurfunk und Telekommunikation in der Schule e. V. (AATiS) bietet Experimente, Bausätze und Seminare:

> www.aatis.de

Der Deutsche Amateur-Radio-Club e.V. ist Ansprechpartner für Amateurfunk in Deutschland:

> www.darc.de





# Umfangreicher Online-Materialpool

