

# Wettbewerb



## Was weisst du über mobile Kommunikation?

Wir alle schätzen den Komfort, jederzeit und überall erreichbar zu sein. In den vergangenen zehn Jahren haben Mobilfunknetzbetreiber die entsprechenden Voraussetzungen geschaffen. Dafür war und ist ein grosser technischer Aufwand nötig, denn um mobil telefonieren zu können braucht es viel mehr als nur ein Handy. Was weisst du über die drahtlose Kommunikation und Mobilfunknetze? Teste dein Wissen und gewinne ein Handy. Der Wettbewerb ist bis zum 15. März 2011 offen.

### Gewinne ein Handy!

Mit den richtigen Antworten kannst du eines von drei Handys gewinnen. Kein gewöhnliches Handy! Das neue Sony Ericsson Hazel ist ein intelligentes, kompaktes Schiebehandy, das ein Zeichen für die Umwelt setzt. Das Gerät ist aus rezyklierten und umweltschonenden Materialien gefertigt, besitzt ein energiesparendes Ladegerät und wurde mit geringen CO<sub>2</sub>-Emissionen produziert. Die Handys werden von Sunrise gestiftet.

[www.satw.ch/wettbewerb](http://www.satw.ch/wettbewerb)

**SATW**

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften  
Académie suisse des sciences techniques  
Accademia svizzera delle scienze tecniche  
Swiss Academy of Engineering Sciences

**a<sup>+</sup>** Mitglied der  
Akademien der Wissenschaften Schweiz

**techno**  
*scope* 3/10

Das Technikmagazin für Junge und Junggebliebene

## Mobile Kommunikation

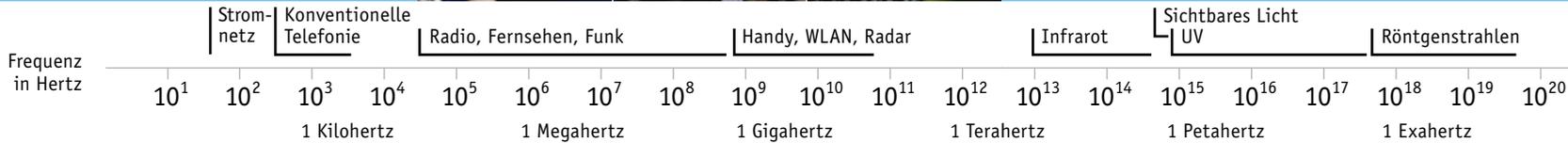


Elektromagnetische Wellen

Immer mehr Antennen

Strahlung prüfen

Handy zu gewinnen



## Immer und überall erreichbar

**Dank unseren Handys sind wir heute permanent erreichbar. Ermöglicht wird dies durch eine raffinierte Technik. Sie sorgt im Hintergrund dafür, dass Daten und Gespräche zuverlässig zum richtigen Empfänger übermittelt werden.**

Mit unseren Handys tauschen wir heute tagtäglich alle möglichen Informationen mit anderen Menschen aus. Telefonieren, simsen, surfen an jedem beliebigen Ort zu jeder beliebigen Zeit ist für uns eine Selbstverständlichkeit. Und wenn wir für einmal keinen Empfang mehr haben, empfinden wir das inzwischen schon fast als Zumutung. Dabei geht leicht vergessen, dass die Ingenieure einige Knacknüsse lösen mussten, damit das Telefonieren mit Handys überhaupt möglich wurde.

### Wo ist das Handy?

Eine erste Herausforderung besteht darin, dass beim Mobilfunk das Netz nicht ohne weiteres weiss, wo sich der Empfänger gerade befindet – ein wichtiger Unterschied zum Festnetz. «Jedes Handy meldet sich beim Einschalten mit einem kurzen Signal bei der nächstgelegenen Basisstation an», erklärt Pascal Leuchtmann, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Feldtheorie und Höchstfrequenztechnik der ETH Zürich. «Das Netz weiss dann, über welche Basisstation es das Handy erreichen kann – und damit auch,

wo es sich ungefähr befindet.» Bewegt sich der Handybesitzer an einen anderen Ort, merkt das Handy anhand der Signale, welche die Basisstationen ständig aussenden, wenn es in den Einflussbereich einer anderen Station gerät. Es sendet dann sofort ein weiteres Signal aus, um sich bei der neuen Basisstation anzumelden. Daraufhin wird die Datenbank, in der alle eingeschalteten Handys registriert sind, automatisch aktualisiert. «Durch diesen Prozess, der für den Nutzer unbemerkt im Hintergrund abläuft, wird sichergestellt, dass wir auch auf einer Reise stets erreichbar bleiben», erläutert Leuchtmann.

### Der lange Weg vom Reden zum Hören

Die eigentliche Kommunikation zwischen Basisstation und Handy beginnt, wenn die Benutzerin oder der Benutzer beispielsweise eine andere Person anruft. Basisstation und Empfänger senden nun Signale mit einer bestimmten Frequenz aus. Während des Anrufs wird nun die gesprochene Sprache vom Handy zuerst in ein digitales elektrisches Signal umgewandelt und danach in

kleine Datenpakete aufgeteilt. Jedes Datenpaket wird für jedes Handy individuell verschlüsselt, mit einer Adresse versehen und über die Handyantenne verschickt. Die Basisstation filtert dann aus allen Signalen, die sie empfängt, die Pakete mit der passenden Adresse heraus und leitet sie über ein Festnetzkabel an einen zentralen Rechner weiter. Von dort aus werden die Daten zu derjenigen Basisstation weitergeleitet, bei welcher der Gesprächspartner gerade angemeldet ist. Die zweite Basisstation wiederum sendet nun die Datenpakete, die sie bekommen hat, in Form von elektromagnetischen Wellen aus. Diese werden dann vom Empfängerhandy aufgenommen und wiederum in verständliche Sprachsignale umgewandelt.

Der Austausch der Datenpakete zwischen Basisstation und Handy erfolgt je nach Netz auf etwas andere Weise. Beim älteren GSM-Netz werden die Signale der einzelnen Handys zeitversetzt übermittelt. Das führt dazu, dass nur relativ limitierte Datenmengen übermittelt werden können. Beim neueren UMTS-Netz hingegen senden alle aktiven Teilnehmer gleichzeitig. Damit können die Netzbetreiber auf den Frequenzen, die ihnen zur Verfügung stehen, viel grössere Datenmengen übermitteln.

## Elektromagnetische Wellen

Elektromagnetische Wellen kommen in der Natur in verschiedenen Formen vor. Sie unterscheiden sich einzig durch ihre Wellenlänge bzw. ihre Frequenz und werden dementsprechend in verschiedene Kategorien eingeteilt. Die bekannteste und für uns wichtigste Form ist das sichtbare Licht, die einzige Form von elektromagnetischen Wellen, die wir mit unseren Sinnesorganen direkt wahrnehmen können. Auch das UV-Licht, vor dem wir uns beim Sonnenbad schützen müssen, die Röntgenstrahlen oder die Infrarotstrahlung, die wir als Wärme wahrnehmen, sind elektromagnetische Wellen. Längerwellige elektromagnetische Wellen werden für unterschiedlichste technische Anwendungen eingesetzt, so etwa bei Radargeräten, um den Flugverkehr zu überwachen, oder in Mikrowellenöfen, um Lebensmittel zu erwärmen. Beim Rundfunk und in der Mobiltelefonie spielen elektromagnetische Wellen eine zentrale Rolle, weil sie sich besonders gut eignen, um Informationen sehr rasch – nämlich mit Lichtgeschwindigkeit – über längere Distanzen zu übermitteln. Ähnlich wie man mit einer Taschenlampe durch Ein- und Ausschalten Morsesignale übermitteln kann, tauschen auch Handys und Basisstationen mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen Informationen aus. Dabei werden die Stärke und die Frequenz der ausgesandten Wellen gezielt verändert.



### Basisstationen

Exponiert angebrachte Antennen auf Hochspannungsmasten, Dächern oder speziellen Sendemasten ermöglichen die drahtlose Kommunikation mit den Handys. Zusätzlich braucht eine Basisstation Stromversorgung, Verstärker und Umsetzer für die Verbindung zum gesamten Telefonnetz.

## Ein rasantes Wachstum

**Der Datenverkehr auf dem Mobilfunknetz hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Die Netzbetreiber müssen deshalb immer mehr Mobilfunkantennen aufstellen – und dabei verschiedene Anliegen berücksichtigen.**

An über 15 000 Standorten in der Schweiz haben die vier Mobilfunkanbieter Swisscom, Sunrise, Orange und In&Phone inzwischen Antennen aufgestellt, und in den nächsten Jahren dürften noch einige Tausend weitere dazukommen. Der Grund dafür ist einfach: Die Datenmengen, welche über das Mobilfunknetz übertragen werden, nehmen gegenwärtig rasant zu. Wir telefonieren und simsens nicht nur häufiger und länger, sondern laden auch immer mehr Daten vom Internet auf unsere Mobiltelefone. Vor allem der Aufschwung der beliebten Smartphones führte in den letzten Jahren dazu, dass der Datenverkehr auf den Mobilfunknetzen regelrecht explodiert ist.

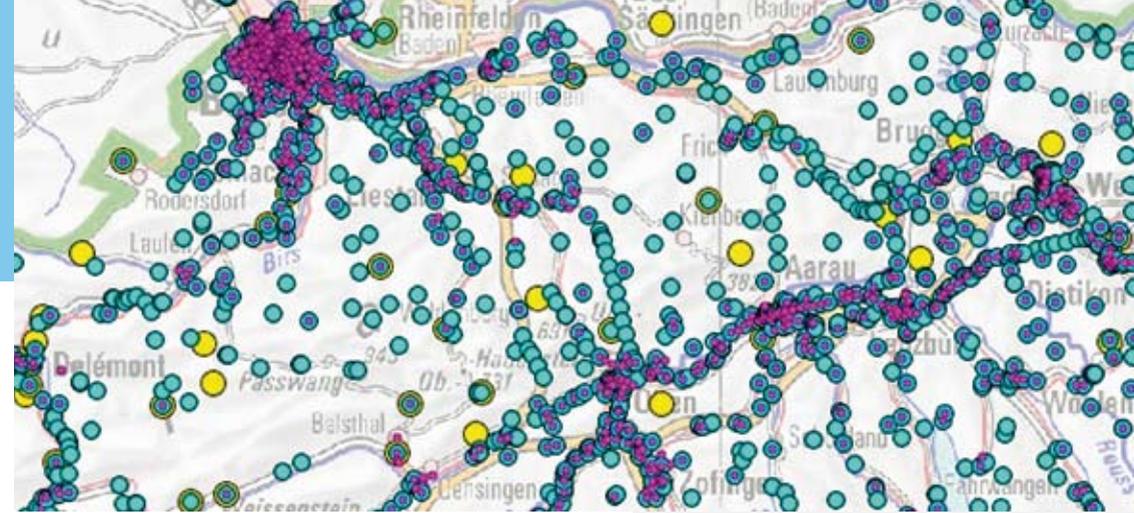
**«Die drei Anbieter beobachten genau, in welchen Gebieten ihre Netze wie stark ausgelastet sind.»**

### Engpässe rechtzeitig erkennen

Diese Entwicklung hat allerdings ihre Kehrseite: Die Mobilfunknetze kommen immer wieder an ihre Grenzen und müssen daher laufend mit neuen Mo-

bilfunkantennen erweitert werden. «Im Gegensatz zu einer Rundfunkantenne, mit der in einem bestimmten Gebiet beliebig viele Radioempfänger erreicht werden können, kann eine Mobilfunkantenne nur eine beschränkte Zahl von Kundinnen und Kunden gleichzeitig bedienen», erklärt Michael Burkhardt, Director External Affairs bei Sunrise. «Das liegt vor allem daran, dass jedes Handy einzeln angesprochen werden muss und dass Daten in beiden Richtungen ausgetauscht werden.»

Die vier Anbieter beobachten dabei genau, in welchen Gebieten ihre Netze wie stark ausgelastet sind. «Wir analysieren jede Woche, wo welche Datenmengen übermittelt werden, damit wir Engpässe möglichst rechtzeitig erkennen», erläutert Burkhardt. «Wenn wir etwa ein grosses Unternehmen als neuen Kunden gewinnen, kann sich die Nachfrage in einer bestimmten Region schlagartig verändern.»



### Standorte von Sendeanlagen

Alle Standorte von Rundfunk- und Mobilfunksendeanlagen in der Schweiz werden vom Bundesamt für Kommunikation erfasst und in einer Karte eingetragen. Gelb = Rundfunk, Blau = Mobilfunk GSM, pink = Mobilfunk UMTS. Die Karte ist öffentlich einsehbar: [www.funksender.ch](http://www.funksender.ch).

### Heikle Gratwanderung

Wo eine neue Basisstation am besten hingestellt werden sollte, lässt sich mit Hilfe von Computermodellen recht genau berechnen. In der Realität sieht die Sache allerdings meist etwas komplizierter aus. Häufig können neue Mobilfunkantennen nicht dort platziert werden, wo es aus technischer Sicht eigentlich optimal wäre, etwa wenn der Hausbesitzer keine Antenne auf dem Dach will, das Gebäude nicht genügend robust ist, um die schwere Installation zu tragen, oder der Denkmalschutz Einwände äussert. Grundsätzlich gilt es beim Netzausbau, eine Balance zu finden: Die Basisstation muss so stark senden, dass der Empfang in der entsprechenden Zelle – also dem Gebiet, das über diese Antenne versorgt wird – überall gewährleistet ist; gleichzeitig müssen die Grenzwerte an jedem Ort eingehalten werden. «Viele Menschen glauben, die Strahlenbelastung sei umso geringer, je weniger Mobilfunkantennen es gibt», erklärt Burkhardt. «Doch diese Schlussfolgerung ist falsch: Je grösser das Gebiet ist, das die Antenne versorgen muss, desto stärker muss sie nämlich senden.»

### Ein Teppich aus vielen Zellen

Ein Mobilfunknetz ist in viele einzelne Zellen aufgeteilt, welche jeweils von einer Basisstation versorgt werden. Wie gross die einzelnen Zellen sind, hängt nicht nur vom Gelände, der Bebauung und den gesetzlichen Grenzwerten ab, sondern auch von der Nachfrage im entsprechenden Gebiet. Benachbarte Basisstationen senden dabei mit anderen Frequenzen (GSM) oder anderen Codes (UMTS), damit sich die Signale der einzelnen Zellen nicht beeinträchtigen.

In der Schweiz existieren zwei Arten von Mobilfunknetzen: Die älteren GSM-Mobilfunknetze sowie die neueren UMTS-Netze, die zur dritten Generation von Mobilfunknetzen (3G) gehören. Der GSM-Standard wurde 1993 eingeführt und ermöglichte in den 1990er-Jahren eine rasche Verbreitung der Mobiltelefonie. Er wurde seither immer wieder erweitert, um die Datenübertragung zu verbessern. Die UMTS-Netze sind in der Schweiz seit ca. 2003 in Betrieb. Auf ihnen können wesentlich höhere Datenmengen übermittelt werden. Auch hier werden laufend technische Neuerungen eingeführt, um die Kapazitäten weiter zu vergrössern.



Andreas, Franziska, Alexandra, Andris, Lisa und Ken besuchen die Mess- und Testkammer. Die blauen Schaumstoffpyramiden an den Wänden verhindern Reflexionen der Handystrahlen und machen die Messungen viel genauer.



Der gelbe Kopf ist ein standardisierter Normkopf. Seine Abmessungen decken 90% der Kopfgrößen von US Soldaten ab – oder nur 10% der amerikanischen Männer haben grössere Köpfe.



▲ Alexandra stellt das Handytestgerät so ein, dass die Strahlung in allen Handy-Betriebsarten separat ausgemessen werden kann.

Professor Niels Kuster erklärt, wie die Strahlung von Handys nach einem weltweit standardisierten Verfahren gemessen wird: Der gelbe Roboterarm taucht den Messfühler hochpräzise in die Flüssigkeit in der kopfförmigen Wanne. Unter der Wanne ist das strahlende Handy platziert. ▶



## Damit das Handy nicht unnötig strahlt

**Die elektromagnetische Strahlung eines Handys darf einen bestimmten Grenzwert nicht überschreiten. Behörden auf der ganzen Welt überprüfen dies mit SAR-Messgeräten der Zürcher Firma Speag.**

Hier würde man keinen technologischen Weltmarktführer erwarten: In einem Hinterhof mitten im Zürcher Kreis 4 werden Geräte für die SAR-Bestimmung (siehe Kasten) von Handys auf der ganzen Welt entwickelt. In den Labors und Büros der Firma Speag arbeiten über 50 Elektroingenieure, Softwarespezialisten und Techniker an der stetigen Verbesserung solcher Messinstrumente. Niels Kuster, Präsident der Speag und gleichzeitig Professor am Departement Informationstechnologie und Elektrotechnik der ETH Zürich, beschäftigt sich schon seit 1987 mit der Messung von elektromagnetischen Strahlen. 1992 beauftragte ihn die deutsche Regierung, ein präzises SAR-Messverfahren auszuarbeiten. Die dabei entwickelte Technologie war die Basis für die Firmengründung von Speag vor 16 Jahren.

### Roboterarm im Kopf

Bei einem Rundgang durch die Forschungs- und Entwicklungslabors des Unternehmens trifft man überall auf SAR-Messgeräte. Das sind gelbe Roboterarme mit einer Messsonde an der Spitze, die über einer Art Badewanne mit der Aussparung eines halben Kopfes stehen. Diese wird mit einer

Flüssigkeit gefüllt, die sehr ähnliche elektromagnetische Eigenschaften wie das Gewebe unseres Kopfes hat. Unterhalb dieser Kopfform, nahe am Ohr, ist das zu messende Handy installiert. Nun fährt der Roboterarm seinen Messfühler in die Flüssigkeit und sucht den Punkt im Kopf, an dem die grösste Belastung durch elektromagnetische Strahlen auftritt. Von dort aus misst er die Strahlung in einem durch die internationalen Kontrollbehörden fest vorgeschriebenen Quader. Aus dieser Messung berechnet der Computer den endgültigen SAR-Wert eines Handys. Das Herzstück der Geräte ist die Sonde mit drei integrierten Sensoren; alle etwa so gross wie ein Zündholzkopf. Hier liegt das gesamte Firmengeheimnis. Während die ersten SAR-Sonden auf dem Markt noch Abweichungen von über 60 Prozent hatten, sind es bei Speags neusten Modellen weniger als sieben Prozent. Tagtäglich beschäftigen sich Kusters Ingenieure mit der Optimierung dieser Sonden.

### Werkzeug für die Handyproduzenten

Speag produziert aber nicht nur Messgeräte für Kontrollbehörden. Kuster zeigt einen schwarzen

Quader von der Grösse einer Autobatterie. Die 256 darin eingebauten Mikrosensoren können in weniger als drei Sekunden messen, wie stark ein Handy auf den Körper oder – mit einem leicht modifizierten Gerät – auf den Kopf abstrahlt. Handyhersteller können damit schon während der Produktion erste Messungen durchführen und bei Prototypen testen, welche Auswirkung kleine Änderungen beim Handydesign auf den SAR-Wert haben. Je kleiner und dünner die Handys nämlich werden, desto näher ist die Antenne am Kopf des Benutzers und desto schwieriger wird es für die Entwickler, die SAR-Grenzwerte einzuhalten. Deshalb beschäftigen sich heute ganze Teams bei den Handyproduzenten mit dem Antennendesign und der Strahlungsreduktion. Dazu nutzen sie auch Simulationsprogramme, die vom Zürcher Unternehmen entwickelt werden. Mit diesen lässt sich die zukünftige Handystrahlung ausgehend von der Bauweise und dem Design eines Handys am Computer berechnen. Kuster zeigt zwei Bilder: Eines mit einem Diagramm einer SAR-Messung am Kopfmodell. Das andere zeigt eine Computersimulation für dasselbe Handy. Die Bilder sind praktisch identisch – ein Zeichen dafür, wie ausgereift die Computermodelle mittlerweile sind. Trotzdem muss jedes Handy nach wie vor am Kopfmodell geprüft werden, bevor es in den Verkauf kommt.

Ob ein dauerhafter Kontakt mit elektromagnetischer Strahlung unterhalb des Grenzwerts, zum Beispiel durch regelmässige lange Handygespräche, für die Gesundheit schädlich ist, wissen die Experten bis heute nicht. «Handys werden erst seit etwa 15 Jahren von breiten Bevölkerungsschichten genutzt, von Kindern seit weniger als 10 Jahren; uns fehlen deshalb zuverlässige Langzeitstudien», erklärt Kuster. Eine genaue Strahlungsmessung und die Einhaltung der Grenzwerte seien deshalb wichtig. «Und dafür wollen wir auch in Zukunft die weltbeste Technologie entwickeln», betont Kuster.



### SAR-Wert

SAR ist die Abkürzung für «Spezifische Absorptionsrate». Sie ist das Mass für die Aufnahme elektromagnetischer Energie, die in Körperwärme

umgewandelt wird. Der SAR-Wert wird in Watt pro Kilogramm Körpergewicht (Watt/kg) ausgedrückt. Der von den meisten Ländern anerkannte Grenzwert für elektromagnetische Felder beim Telefonieren beträgt 2 Watt/kg. Dadurch ist die maximale lokale Körpertemperaturerhöhung auf weniger als 0,2° Celsius begrenzt.



▲ Dimitra untersucht die kleinen MEMS zuerst im Labor mit dem Netzwerkanalysator, bevor sie dann in Antennen eingebaut werden.



▲ Die kommerzielle Testantenne wird nur in der Messkammer gebraucht und muss genau ausgerichtet werden.

◀ In der Messkammer mit den strahlungsabsorbierenden Schaumstoffpyramiden kann Dimitra das Abstrahlverhalten der selbstgebauten Antennensysteme überprüfen.

# Strahlende Forschungsaussichten

**Dimitra Psychogiou schreibt an der ETH Zürich eine Doktorarbeit über intelligente Antennensysteme. Dabei baut sie neue Empfänger und experimentiert mit elektromagnetischer Strahlung. Das Weiterentwickeln von neuen Technologien ist ihr Antrieb.**

Ich bin 24 Jahre alt und komme aus Griechenland. Vor zwei Jahren habe ich mein Studium als Elektroingenieurin an der Universität in Patras abgeschlossen. Zuerst habe ich sechs Monate an einer Hochschule in England gearbeitet, bevor ich als Doktorandin an die ETH Zürich gekommen bin. Seit einem Jahr beschäftige ich mich am Institut für Feldtheorie und Höchstfrequenztechnik mit Antennen und elektromagnetischen Feldern.

## Mit Sensoren gegen Waldbrände

In meinem ersten ETH-Jahr habe ich mich mit speziellen Antennen beschäftigt, die zum Beispiel für Sensornetze eingesetzt werden können. Ein solches Netzwerk kann man sich in etwa so vorstellen: In einem riesigen Wald werden Sensoren verteilt. Sobald irgendwo ein Feuer ausbricht, registriert dies der am nächsten gelegene Sensor und schickt über elektromagnetische Strahlen Signale an einen zentralen Computer. Die Feuerwehr weiss dann genau, wo das Feuer

ausgebrochen ist. Eine andere Anwendung solcher Netzwerke ist die Echtzeit-Überwachung des Gesundheitszustands von Patienten mit kabellosen Sensoren.

Wir beschäftigen uns in der Forschung mit den Antennen in den Sensoren, die nicht nur in eine bestimmte Richtung sondern automatisch gesteuert gleichzeitig gezielt in verschiedene Richtungen strahlen sollen, damit jederzeit eine Verbindung mit der Zentrale besteht. Um solche Systeme zu untersuchen, haben wir im Labor eine spezielle Messkammer, die – ähnlich wie ein Musikaufnahmestudio – mit strahlungsabsorbierendem Schaumstoff ausgekleidet ist. Dort drin können wir Geräte ohne äussere Strahlungseinflüsse, wie zum Beispiel Handystrahlen, testen und prüfen, in welchen Positionen ein Empfänger noch Signale von einer Sendestation empfängt. Wir haben dabei herausgefunden, dass ein Empfänger – das könnte auch ein Handy sein – mehr

als eine Antenne benötigt, damit er in allen gewünschten Situationen und Positionen Signale aus verschiedenen Richtungen empfangen kann.

## Faszinierende Grundlagenforschung

Ein weiterer Schwerpunkt meiner Doktorarbeit sind die sogenannten MEMS. Das sind mikro-elektromechanische Systeme von wenigen Mikrometer Grösse. Weil die MEMS so klein sind, haben sie sehr spezifische Eigenschaften. Wir können sie zum Beispiel in Sensor-Antennen einbauen und damit die Antenneneigenschaften gezielt verändern, etwa so, dass die elektromagnetische Strahlung je nach deren Frequenz herausgefiltert wird. Dadurch kann man den Empfänger sehr genau steuern, welche Art von Strahlung er empfangen soll. Solche Systeme werden heute unter anderem schon in Satelliten genutzt. In Zukunft wird man sie vielleicht auch in jedes Handy einbauen. Dieses Forschungsgebiet ist noch sehr neu; das fasziniert mich! Ich möchte während meiner

Doktorarbeit unbedingt herausfinden, was für ein Potential in dieser Technologie steckt.

Die ETH Zürich ist der ideale Ort für diese Art von Forschung. Die Labors sind sehr gut ausgestattet und ich kann Experimente mit sehr komplexen und teuren Geräten machen. Das ist in meinem Forschungsbereich sehr wichtig. In Griechenland, wo

ich herkomme, ist das nicht selbstverständlich. Dort gibt es zwar viele gute Studenten, diesen fehlt aber oft eine gute Infrastruktur zum Experimentieren und Lernen. Insofern habe ich bisher noch kein Heimweh und fühle mich in Zürich sehr wohl. Ich bin mir auch sicher, dass das dreijährige Doktorat hier eine sehr gute Basis ist, um später einen

tollen Job zu finden. Ob ich danach eine akademische Laufbahn an einer Hochschule einschlage oder doch lieber Erfahrung in der Industrie sammle – zum Beispiel bei einem Handyproduzenten – weiss ich jetzt noch nicht. Vorerst konzentriere ich mich voll und ganz auf meine Doktorarbeit.

«Die Labors sind sehr gut ausgestattet und ich kann Experimente mit sehr komplexen und teuren Geräten machen.»

# AHA!



Das Museum für Kommunikation mit der Dauerausstellung «Telefonie – ganz Ohr» und der neuen Wechselausstellung «Wo bisch?»

## Warum sitzen Vieltelefonierer im Zug vorne?

Wenn wir im Zug mit unserem Handy telefonieren, verlassen wir immer wieder den Bereich, der von der Basisstation abgedeckt wird, bei der wir gerade angemeldet sind. Das Handynetz reicht dann das Handy an die nächste Basisstation weiter, damit wir unser Gespräch ohne Unterbruch fortsetzen können. Wenn nun auf einer vielbefahrenen Strecke viele Nutzerinnen und

Nutzer mehr oder weniger gleichzeitig die Station wechseln müssen, werden zuerst diejenigen berücksichtigt, welche als erste in den Einflussbereich der neuen Basisstation geraten – also diejenigen, welche vorne im Zug sitzen. Wer also am richtigen Ort sitzt, hat demnach einen kleinen Vorteil, wenn die Kapazitäten des Netzes bereits stark ausgelastet sind.

## Ist die Strahlenbelastung bei UMTS höher als bei GSM?

Die Strahlenbelastung ist beim Handytelefonieren immer dann gross, wenn das Mobiltelefon sendet und die Signale der Basisstation schwach sind. Wenn das Telefon mit der Basisstation Kontakt aufnimmt, sendet es beim GSM-Netz zur Sicherheit zuerst immer mit der maximalen Leistung. Die Basisstation sagt dem Handy nachher, wie stark es die Sendeleistung zurücknehmen kann. Beim UMTS-Netz ist es hingegen gerade umgekehrt: Das Handy sendet zuerst mit kleiner Leistung und erhöht diese, wenn es von der Basisstation keine Antwort bekommt. Dieser Unterschied ist vor allem von Bedeutung, wenn man sich bewegt, da das Handy dann immer wieder mit neuen Basisstationen Kontakt aufnehmen muss. In solchen Situationen kann die Strahlenbelastung beim UMTS-Netz bei gleicher Datenmenge bis zu 10 Mal geringer ausfallen als beim GSM-Netz.

## Lesenswert

### Standorte von Sendeanlagen

[www.funksender.ch](http://www.funksender.ch)

### Biologische Wirksamkeit

von elektromagnetischen Feldern

[www.mobile-research.ethz.ch/var/emf-info\\_broschuere.pdf](http://www.mobile-research.ethz.ch/var/emf-info_broschuere.pdf)

### Funksysteme

[www.simplifyscience.ch](http://www.simplifyscience.ch) > Aha! > Dossiers

## Sehenswert

### Museum für Kommunikation

Tüfteln, staunen, forschen, lernen und spielen – das kann man alles im Museum für Kommunikation in Bern. Drei Dauerausstellungen thematisieren Geschichte und Entwicklung von Post, Telegrafie, Telefonie, Radio und Fernsehen sowie Computer. Die neue Ausstellung «Wo bisch?» (bis 3.7.2011) zeigt unterhaltsam und interaktiv Entwicklung und Siegeszug des Handys.

[www.mfk.ch](http://www.mfk.ch)

## Ausbildung

### Elektroniker/in

[www.berufsberatung.ch/dyn/15490.aspx](http://www.berufsberatung.ch/dyn/15490.aspx)

### Elektroingenieur/in FH

[www.berufsberatung.ch/dyn/6036.aspx?id=3806&searchabc=E](http://www.berufsberatung.ch/dyn/6036.aspx?id=3806&searchabc=E)

### Telekommunikationsingenieur/in FH

[www.berufsberatung.ch/dyn/6036.aspx?id=3811](http://www.berufsberatung.ch/dyn/6036.aspx?id=3811)

### Elektrotechnik und Informationstechnologie

[www.berufsberatung.ch/dyn/29323.aspx](http://www.berufsberatung.ch/dyn/29323.aspx)  
ETH Zürich [www.ethz.ch/prospectives/programmes](http://www.ethz.ch/prospectives/programmes)

EPFL [bachelor.epfl.ch/elektrotechnik](http://bachelor.epfl.ch/elektrotechnik)

### Kommunikationssysteme

[bachelor.epfl.ch/syscom-de](http://bachelor.epfl.ch/syscom-de)

### Impressum

SATW Technoscope 3/10, Dezember 2010  
[www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)

Konzept und Redaktion: Dr. Béatrice Miller  
Redaktionelle Mitarbeit: Dr. Felix Würsten, Samuel Schläfli  
Bilder: Franz Meier, Fotolia, Sunrise, Bakom, Itis Foundation, Museum für Kommunikation  
Titelbild: Andreas, Franziska und Andris in der Testkammer von SPEAG

### Gratisabonnement und Nachbestellungen

SATW, Seidengasse 16, CH-8001 Zürich  
E-Mail [redaktion.technoscope@satw.ch](mailto:redaktion.technoscope@satw.ch)  
Tel +41 (0)44 226 50 11

Technoscope 1/11 erscheint im April 2011.