

# Übersicht HF-Technik – keine Hexerei

Wir leben in einer zunehmend drahtlos vernetzten Welt. Kostengünstige und leistungseffiziente Konsumgüter erlauben uns eine Kommunikation nahezu unabhängig von Ort und Zeit. Immer modernere Geräte erfordern Innovationen in verschiedensten Bereichen der Elektrotechnik und der Informatik. Wichtige Bereiche sind dabei die digitale Signalverarbeitung und die Hochfrequenztechnik. Während die Voraussetzung für effiziente, digitale Signalverarbeitung durch immer schnellere Signalprozessoren (DSPs) geschaffen wird, haftet an der Hochfrequenztechnik oft das Stigma der «Schwarzen Magie». Dass Hochfrequenztechnik gar nichts mit Hexerei zu tun hat, soll mit dieser Artikelserie gezeigt werden.



Prof. Dr. Heinz Mathis  
Dozent für  
Mobilkommunikation  
HSR Hochschule für Technik  
Oberseestrasse 10  
8640 Rapperswil  
Tel. 055 222 45 95  
Fax 055 222 44 00  
heinz.mathis@hsr.ch  
<http://mk.hsr.ch>

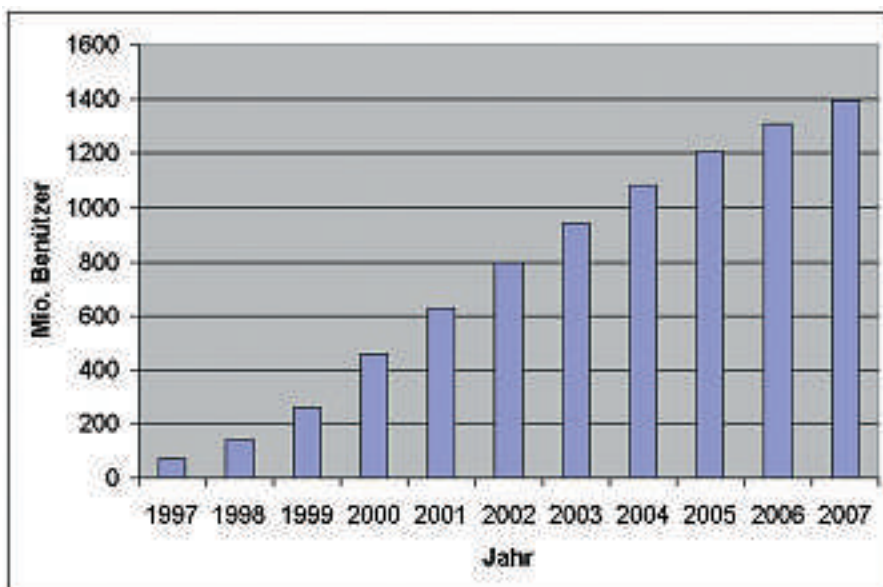
Ein solides Grundverständnis der HF-Technik wird für den erfolgreichen Entwurf von drahtlosen Systemen immer notwendiger. Wichtige Aspekte der HF-Technik werden in den einzelnen Beiträgen dieser Serie aufgezeigt und mit Beispielen illustriert. Der erste Beitrag beschäftigt sich mit einer Übersicht über drahtlose Systeme.

Das zurzeit meistgebrauchte, alltägliche, drahtlose System ist sicherlich das GSM-Netz. Man vergisst bei dieser Omnipräsenz oft, dass es eine Vielzahl anderer drahtloser Systeme gibt, die in unserer Zeit ebenfalls verwendet werden. Diese Systeme unterscheiden sich in einer ganzen Anzahl von Parametern wie Frequenzbereich, Datenrate, Leistung, Distanz, Anzahl Benutzer, Grösse der Geräte usw., je nach Anwendungsbereich. Es ist sehr aufschlussreich, sich die Dimensionen einiger dieser Parameter näher anzuschauen.

## Über kurz oder lang

Drahtlose Identifikationssysteme (RFID) sind heute weit verbreitet, z.B. für Personenzugangskontrollen zu Gebäuden, am Skilift oder an Güterwagons. Sie funktionieren typischerweise über eine Distanz von wenigen Zentimetern bis max. einem Meter. Solch kurze Distanzen haben den Vorteil, dass der Identifikationssender (meist als «Tag» bezeichnet)

oft passiv betrieben werden kann, d.h., er bezieht seine Energie aus dem von der Lesestation gesendeten HF-Feld. Das erlaubt die Herstellung von sehr billigen Tags. Der namhafte Rasierklingenhersteller Gillette hat zum Beispiel letztes Jahr angekündigt, dass er zukünftig sämtliche Rasierklingen mit passiver RFID-Technologie ausrüsten will, um seine Logistik zu vereinfachen. Sehr kurze Distanzen werden ebenfalls bei sog. PANs (Personal Area Networks) überwunden. Sie dienen z.B. zur Kommunikation zwischen Handy und PC und anderen Geräteanbindungen. Zu solchen Systemen



Entwicklung der Anzahl GSM-Mobilfunkbenutzer  
(Quelle: EMC World Cellular Database)

gehören Bluetooth, ZigBee, aber auch Infrarotsysteme, die man ebenfalls zu den drahtlosen Systemen zählen muss. Für die Zukunft plant man in diesem Bereich den Einsatz von Ultrawideband-(UWB-)Technologie, mit deren Hilfe z.B. auch

Steuerungs-/Regelungstechnik

Forschung, Bildung  
und Fachwissen

Antriebstechnik

Fluidtechnik

Engineering in  
der Automation

Industrial Handling  
und Robotik

Sensorik

**go**

Automation days

Telefon +41 58 200 20 20  
info@go-automation.ch  
www.go-automation.ch

**Internationale Fachmesse für Automatisierung  
31. August bis 3. September 2004 | Messe Basel**





**Drittgeneration-Handys mit Video-telefonmodus benötigen Systeme mit hohen Datendurchsatzraten**  
(Quelle: Sony Ericsson)

die drahtlose Übertragung der Daten vom PC zum Bildschirm vonstatten gehen könnte.

Für das nächst grössere Umfeld bestimmt sind sog. WLAN (Wireless Local Area Network). Dazu gehören die verschiedenen, teilweise weit verbreiteten Familien des IEEE-Standards 802.11. Alternativen mit eher schwierigem Stand sind HomeRF und Hiperlan. Distanzen bis einige hundert Meter können so bewältigt werden. Ebenfalls in dieser Distanz-Grössenordnung liegen schnurlose Telefone, die heute meist nach dem Standard DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) funktionieren. Schnurlose Telefone werden meist in Heim oder Büro verwendet, während Mobiltelefone (Handys) eine flächendeckende, praktisch ortsunabhängige Verwendung erlauben. Die zu überbrückende Distanz bis zur nächsten Basisstation beträgt in Städ-

Funksysteme, die über zig Kilometer operieren, gibt es schon, seit Marconi 1895 seine ersten Funkversuche absolvierte. Satellitentelefone müssen Funkdistanzen von mehreren zehntausend Kilometern bewältigen. Funkamateure überbrücken Distanzen bis auf die andere Seite der Erde mithilfe von Ionosphärenreflexionen. Den Mond als Reflektor zu benützen, war den Funkamateuren ebenfalls bekannt, bevor der erste Mann seinen Fuss auf den Erdtrabanten gesetzt hat. Grösste Übertragungsdistanzen sind in der Raumfahrt zurückzulegen. Beispielsweise soll die in diesem Frühling gestartete Raumsonde «Rosetta» bei ihrer Landung auf dem Kometen Tschurjumow-Gerasimenko im Jahre 2014 eine Funkdistanz zum Kontrollzentrum von fast einer Milliarde Kilometer überwinden. Obwohl die Kommunikation mit Lichtgeschwindigkeit stattfindet, dauert eine solche Übermittlung über eine derart riesige Distanz 50 Minuten!

### Immer schneller

Die Ansprüche an die Übertragungsgeschwindigkeit (z.B. für die Übermittlung von grossen Dokumenten) und die zu übertragende Datenmenge sind stark zunehmend. Während einige Systeme mit wenigen Bit pro Sekunde auskommen, sind neue Mobilfunkgenerationen geplant, die Transferraten in der Grössenordnung von einigen MBit/s erlauben. Fundamental hat vor über 50 Jahren der Informationstheorie-Pionier Claude Shannon gezeigt, dass die höchstmögliche Datenrate eine Funktion der zur Verfügung stehenden Bandbreite und der Signalqualität, also indirekt der Funkdistanz, ist. Neuere Mobilfunkgenerationen werden sich vermehrt kleinerer Zellgrössen bedienen. Gefragt ist zusätzlich aber immer mehr Bandbreite. Diese wird vermehrt in höheren Frequenzbereichen gesucht.

### Die Suche nach freien Frequenzen

Während früher der verwendete Frequenzbereich sehr oft nach der Art des benötigten Ausbreitungsmechanismus gewählt war, spielen heute mehr und mehr Bandbreitenüberlegungen eine Rolle. Man weicht dabei aus Kapazitätsgründen in immer höhere Frequenzbereiche aus. Gegen unten bestehen prinzipiell keine Grenzen für Frequenzen, die genutzt werden könnten, obwohl da natürlich eine sehr begrenzte Bandbreite zur Verfügung steht und die zugehörigen Ausbreitungsmechanismen schwierig sind. So wird bei einem Herzschlagmonitor eine elektromagnetische Welle mit der ultratiefen Frequenz von 5 kHz genutzt. Das Zeitzeichensignal findet seinen Weg über tausende von Kilometern zum Radiowecker des Benützers auf der Langwellenfrequenz von 77,5 kHz. Langwelle und Mittelwelle werden heute v.a. von Rundfunkstationen mit grossen Reichweiten eingesetzt, Kurzwelle in Spezialanwendungen (z.B. Amateurfunk). Rundfunk in FM-Qualität findet heute im VHF-Band um 100 MHz herum statt, ebenfalls Fernsehen, bei dem auch Kanäle im UHF-Band, also ab 300 MHz, üblich sind. Mobilfunkverkehr findet zwischen 850 MHz und 2 GHz statt. Neben so genannten lizenzierten Bändern, in denen nur

**Galileo-Satelliten werden in Zukunft Signale zur Erde schicken, mit deren Hilfe sich an jedem Ort der Erde die Aufenthaltsposition metergenau feststellen lässt**



ten einige hundert Meter, in ländlichen Gegenden bis über 20 km. Mobilfunk, v.a. nach dem GSM-Standard, der in fast 200 Ländern betrieben wird, hat in den vergangenen Jahren eine rasante Beliebtheitssteigerung erfahren und wird auch in den kommenden Jahren weiteren Zuwachs finden.

Lizenznehmer operieren dürfen, existiert eine Vielzahl von freien, unlicenzierten Bändern, die unter gewissen Auflagen von jedermann auf vielseitige Art und Weise genutzt werden können. Diese sogenannten ISM-Bänder (Industrial, Scientific, Medical) befinden sich z.B. bei 41, 402, 434, 868 MHz, 2,4 und 5,8 GHz. Erhöhte Frequenzbereiche aber vergrössern oft den Anspruch an sorgfältigem HF-Design und oft auch an nachhaltiger Frequenzplanung. Die bereits erwähnte Ultrawideband-Technologie beschreitet insofern neue Wege, indem sie keine genau zugeordneten Frequenzbänder mehr benötigt, sondern sehr breitbandig, aber mit enorm kleiner Leistungsdichte sendet. Neuerdings sind selbst Frequenzen, die früher als ungeeignet erschienen, weil sie z.B. durch Sauerstoff oder Wasser absorbiert werden, nicht mehr tabu, da sie sehr günstig zu haben sind. Unter Respektierung der physikalischen Grenzen können diese Frequenzen in Spezialanwendungen genutzt werden. MIMO-Systeme (Multiple in – Multiple out) sind Systeme, die eine zusätzliche Raumkomponente ins Spiel bringen und so die Kapazität eines Systems drastisch erhöhen können. Zurzeit wird an Methoden geforscht, so genannten Cognitive Radios, die erkennen, was auf Funkkanälen alles abläuft, und so temporär frei gewordene Ressourcen anderweitig verwenden können.

## Datenübertragung und mehr

Neben der klassischen Datenübertragung per Funk werden auch andere Bereiche erschlossen wie z.B. die Telemetrie, also die Ausmessung aus der Entfernung. Solche Systeme kennt man schon seit geraumer Zeit, z.B. für Flugleitsysteme, Schiffsnavigation, aber auch für Radar. Globale Lokalisation ist seit einiger Zeit für jedermann erschwinglich dank so genannter satellitengestützter Positionsbestimmung, z.B. GPS (Global Positioning System). Diese findet mittels Trilateration durch Entfernungsmessung von verschiedenen Satelliten statt.

Neben dem amerikanischen GPS ist Europa zurzeit am Aufbau eines eigenen, ähnlichen Satellitensystems, das bis im Jahre 2008 fertig gestellt werden soll. Beide Systeme funktionieren im Frequenzbereich zwischen 1 und 2 GHz. In Zukunft wird eine Verflechtung der verschiedenen Technologien stattfinden. Dabei hilft z.B. ein Funknetz bei der Ortung an Orten, wo die GPS-Satelliten schlecht sichtbar sind. Auf der anderen Seite hilft die genaue Kenntnis des Aufenthaltsortes dem Benutzer beim Finden von Kommunikationsdiensten oder ganz allgemein von ortsabhängiger Infrastruktur.

## Fazit

Die Anzahl drahtloser Systeme wird auch in Zukunft zunehmen. Mit wachsendem Bandbreitenbedarf und dem Erschliessen immer höherer Frequenzbereiche werden HF-Kenntnisse im Entwurf und Aufbau von solchen Systemen unabdingbar. In den folgenden Artikeln wird ein einfacher Zugang zu den wichtigsten Werkzeugen der HF-Technik geschaffen. Die Serie umfasst Beiträge zu den Bereichen parasitäre Elemente, Smith-Chart, Messinstrumente der HF-Technik, Anpassungsnetzwerke, Leitungstheorie, Wellenimpedanzen, Rauschzahl, Empfängerarchitekturen, Antennen und Ausbreitungsmechanismen.

## Glossar

DECT:	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DSP:	Digitaler Signalprozessor
FM:	Frequenz-Modulation
GSM:	Global System for Mobile Communication
GPS:	Global Positioning System
IEEE:	Institute of Electric and Electronic Engineers
PAN:	Personal Area Network
RFID:	Radio Frequency Identification
UHF:	Ultra High Frequency
UWB:	Ultrawideband
VHF:	Very High Frequency
WLAN:	Wireless Local Area Network

In der Welt zu Hause – in der Schweiz vor Ort

**EPCOS-Customer-Service: 0848-37 26 71**



Mit rund 40.000 Produkten sind wir der weltweit größte Broadliner bei passiven elektronischen Bauelementen. Wir fertigen Schlüsselbauelemente für nahezu jedes elektrische und elektronische Gerät – von der Automobil- und Industrie-Elektronik über die Information + Kommunikation bis hin zur Konsum-Elektronik. Mehr Infos bei unserem Customer-Service oder unter: [www.epcos.com](http://www.epcos.com)

just everywhere ...