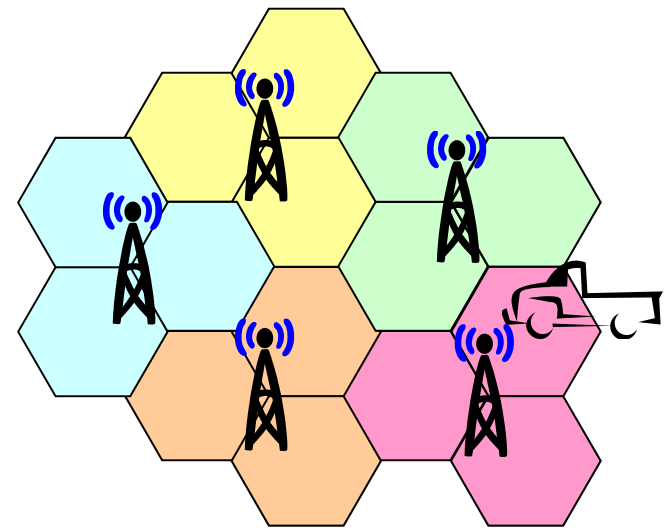


---

# Mobilfunktechnik

## Grundlagen

dipl. El.-Ing. ETH Markus Riederer  
Bundesamt für Kommunikation (BAKOM)  
Fachstelle EMV/EMVU  
Biel-Bienne



# Uebersicht

---

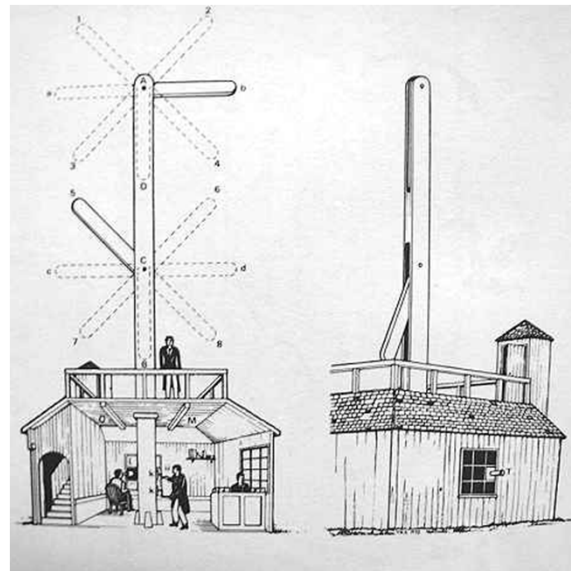
- Geschichte
- Technik heute
- **MOBIL**-Funk
- EMF von Mobilfunk
- Ausblick

# Ursysteme

## Höhenfeuer



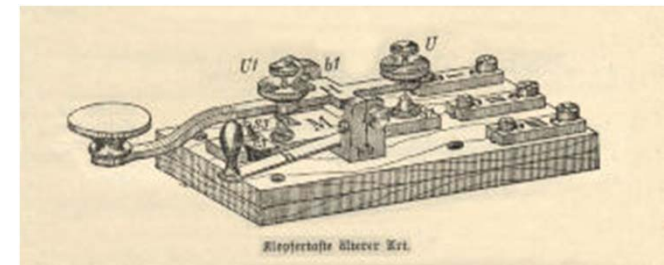
Quelle <http://www.feuerindenalpen.org/>



Quelle [www.portdown-tunnels.org](http://www.portdown-tunnels.org)

## Semaphore

## Telegrafie



Quelle [www.qsl.net/dk5ke](http://www.qsl.net/dk5ke)

# erste drahtlose Funksysteme

## Marconi Salvan 1895



Quelle EPFL

## früher Rundfunk



Quelle home.luna.nl

## Titanic 1912



Quelle www.gdrs.net

# Anfänge des Mobilfunks

- Nationales Autotelefon (NATEL)

- 1978 Natel A

- 1992 Natel D

- » GSM: erstes digitales System

Natel A



Quelle swisscom

- GSM: Global System for Mobile Communications (2G)

- CEPT 1982: ein System für Europa

- » gleiche Frequenzen

- » gleich genormt (heute durch 3GPP/ETSI)

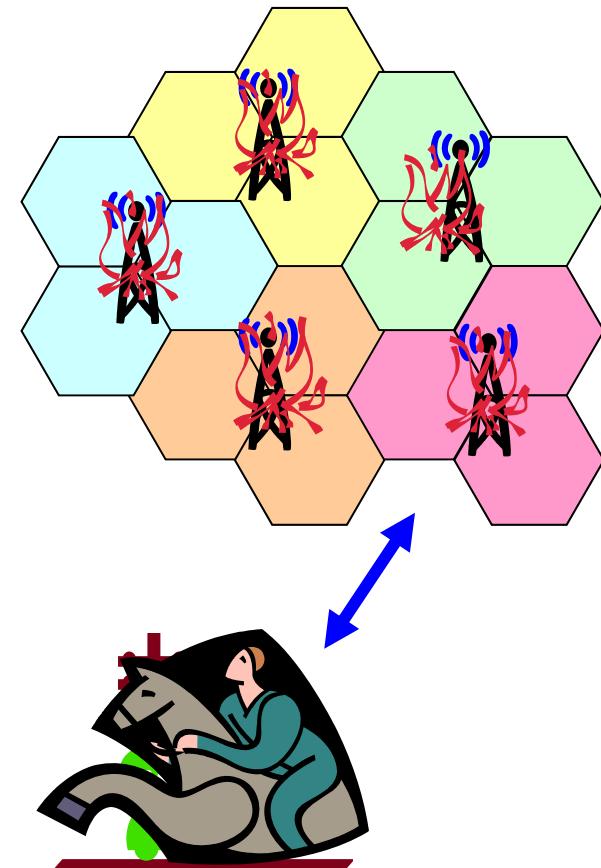
- UMTS: Universal Mobile Telecommunications System (3G)

- EU 1991: Normierungsanfänge

- ITU 1992: Frequenzen bereitgestellt

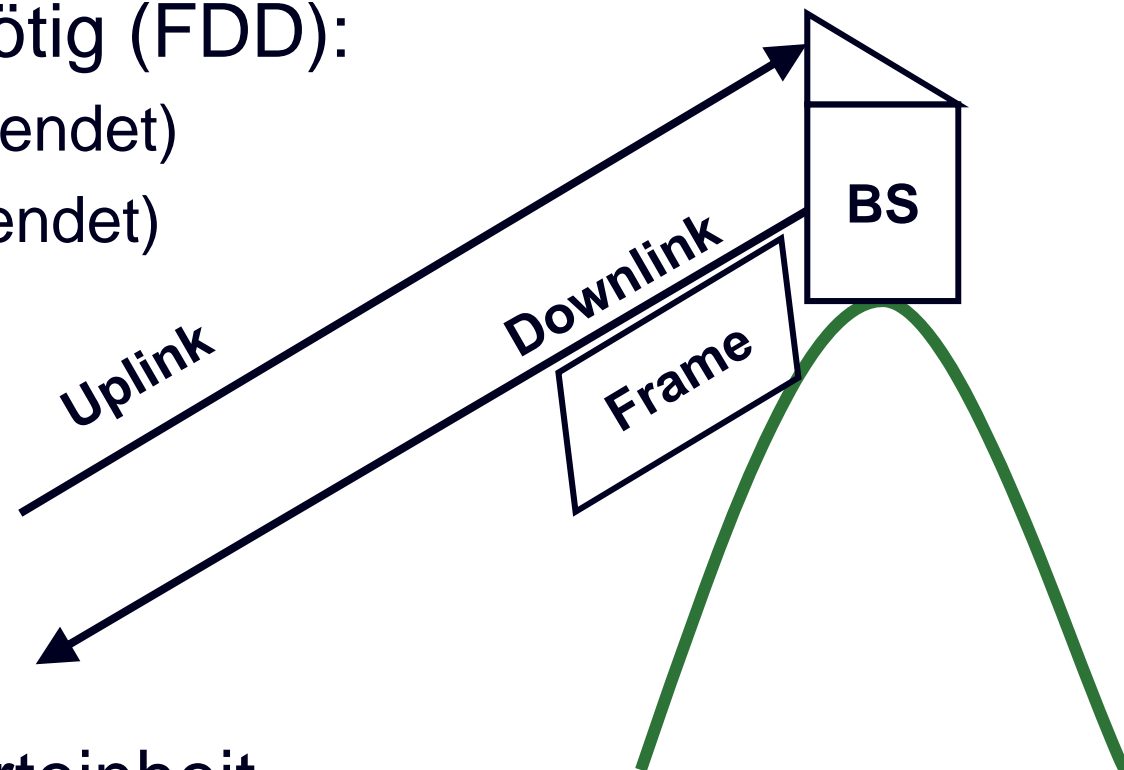
# zelluläre Telekommunikationssysteme

- Zellen
  - Information zusammenfassen
  - wie Kantone: wenn möglich regional erledigen
- Backbone
  - an andere Zellen vermitteln
  - Gateways
    - » in andere Systeme vermitteln



# GSM-Zelle

- BS: Basisstation
- 2 Frequenzen nötig (FDD):
  - ➔ Uplink (Handy sendet)
  - ➔ Downlink (BS sendet)



- Frame: Transporteinheit

# Frame GSM Downlink

- Behälter mit 8 Plätzen

- Slots 0 bis 7

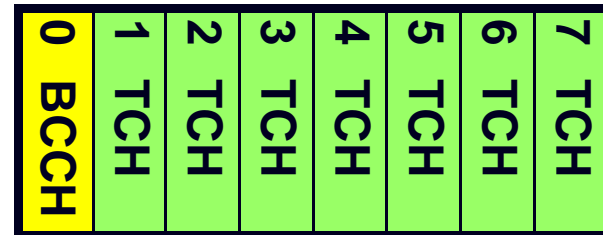
- Slot 0: Netzinformationen

- » Kennzeichnung, andere Stationen, Befehle für Handys

- Slots 1..7 immer gefüllt:

- » Sprache/Daten pro Slot für jeweils ein Handy

- » falls kein Verkehr, dann nur Fülldaten (Synchronisation)



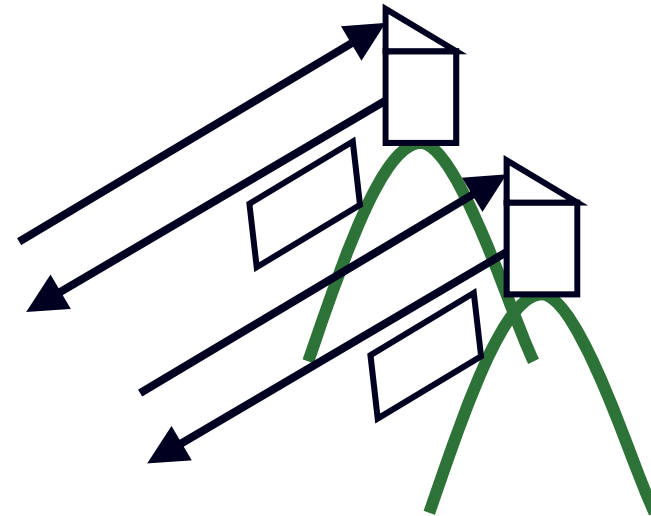
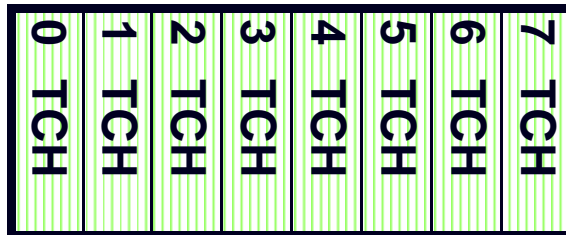
- Frame: wiederkehrendes Zeitschema

- TDMA: für jedes Handy eigener Zeitschlitz

- Framedauer: 4.615 ms (ca. 1/200 s)

# Mehr als 7 Handys pro GSM-Frame

- weiteres Frequenzpaar
  - gleiche Station
    - » Frame ohne BCCH
    - » keine Fülldaten



- Zelle verkleinern
  - pro km<sup>2</sup> mehr Handys möglich
- beides zusammen möglich

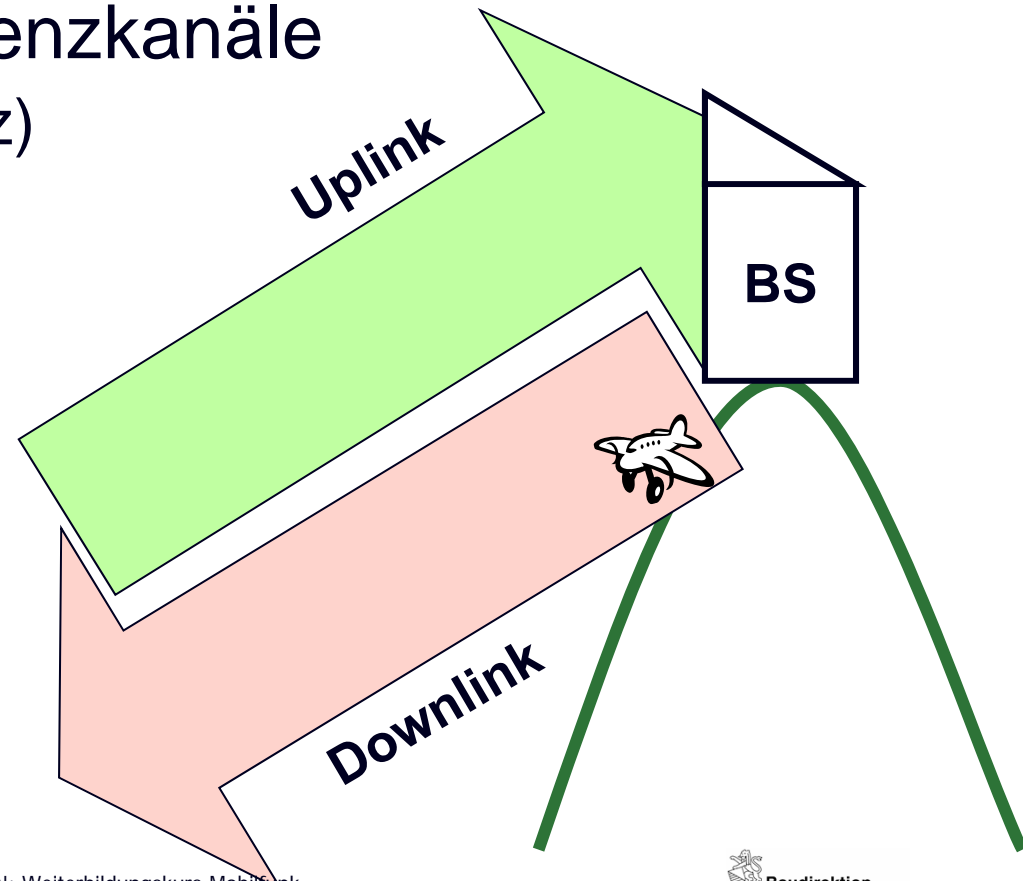
# mehr als nur Sprache: Datenübertragung

---

- SMS: via Kontrolldaten: unproblematisch
- Internet
  - ➔ 1 Zeitschlitz: 9.6 kbit/s
  - ➔ GPRS (2.5G): General Packet Radio Service
    - » Daten warten bis freie Zeitschlitz
    - » Daten effizienter verpacken (Kodierung) → 21.4 kbit/s
    - » mehrere Zeitschlitz zusammenpacken → 85.5 kbit/s mit 4
  - ➔ EDGE (2.5G): Enhanced Data Rates for GSM Evolution
    - » wie GPRS
    - » Zeitschlitz effizienter nutzen (neue Modulation)  
→ 69.2 kbit/s pro Zeitschlitz

# weg von der Zeitschlitzerei: UMTS

- Universal Mobile Telecommunications System
- 2 viel grössere Frequenzkanäle
  - 5 MHz (GSM 200 kHz)
- WCDMA:
  - alle gleiche Frequenz
  - verschiedene Codes
  - effizientes Verpacken
  - Signalisierung fix
  - ausbaubar
    - » aktuell: HSDPA



## und weiteres mehr...

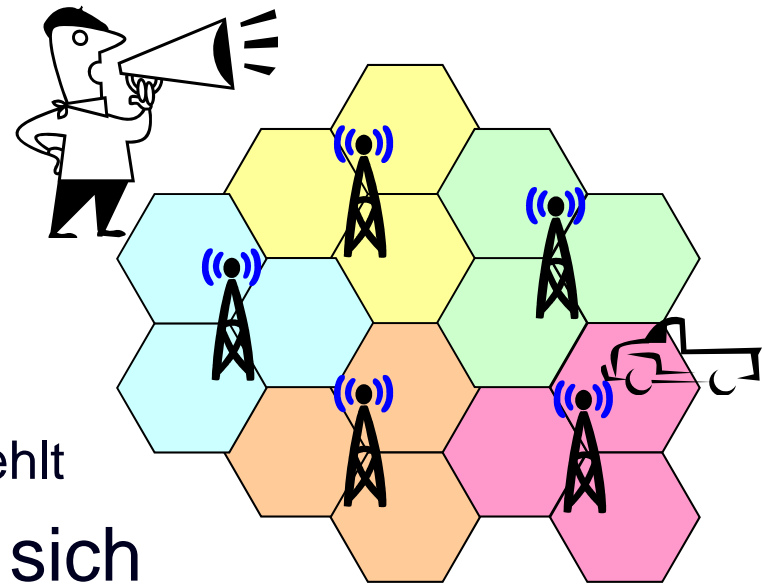
---

- DECT
  - Digital Enhanced Cordless Telecommunications
  - ähnliche Technologie wie GSM
  - selbstkoordinierend
- WLAN (WiFi)
  - Computeranbindungen, (Sprache ??)
  - selbstkoordinierend
- WiMAX ante portas (BWA)
  - drahtloser, breitbandiger Teilnehmeranschluss
  - Auktion diesen Sommer

# MOBIL-Funk

## ■ Roaming

- nahtlos Zelle wechseln
- GSM, UMTS: Routine
  - » zentrale Netzsteuerung
- DECT, WiFi, WiMAX:
  - » unabhängige Netze
  - » koordinierte Netzsteuerung fehlt

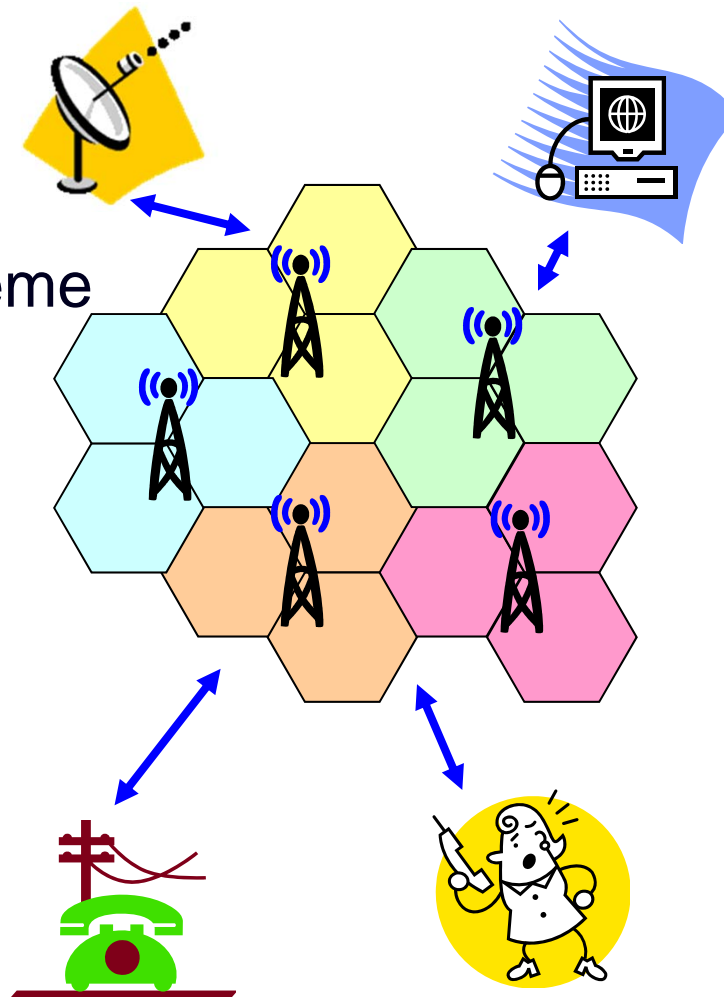


## ■ Übertragungsweg ändert sich

- Anpassen der Leistung (Handy und BS)
- Anpassen Übertragung (Modulation, Codierung)

# Und jetzt alle zusammen!

- Netze gleicher Art
  - ➔ in Normierung vorgesehen
  - ➔ nur noch ökonomische Probleme
- Netze verschiedener Art
  - ➔ zu Festnetz, Internet
    - » weitgehend gelöst
  - ➔ zu anderen Mobilfunknetzen
    - » ökonomisch interessant?



# Berechnung der Feldstärke

- Feldstärke abhängig von:

- Uebertragungsweg

- » Abstand zu Handy

- » Hindernisse, Reflektoren

- Anzahl Benutzer

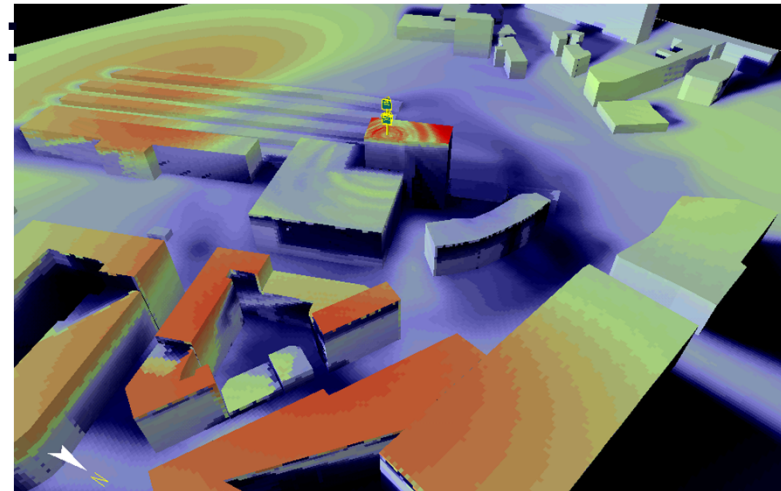
- Art der Benutzung

- Entscheid NISV:

- maximale Leistung bei maximalem Verkehr

- einfachstes Ray-Tracing

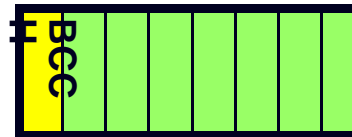
- aus technischen Daten Basisstation



$$E = \frac{7}{d} \cdot \sqrt{\frac{P}{\gamma \cdot \delta}}$$

# Messen der Feldstärke

- Messung auf Berechnung abgestimmt:
  - ➔ maximale Leistung bei maximalem Verkehr
- Problem: Leistung ändert sich im Betrieb
- Lösung: Schwenkmethode
  - ➔ konstante Signalanteile messen
    - » GSM: Frames mit BCCH
      - frequenzselektiv messen
    - » UMTS: Signalisierung (CPICH)
      - codeselektiv messen
  - ➔ hochrechnen



# Der Blick in die Kristallkugel: 4. Generation

---

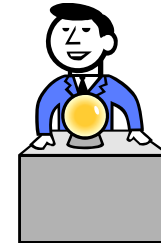
## ■ Zusammenwachsen der Technologien

→ schwer vorausszusehen:

» geschehen: Erfolg SMS (von niemandem erwartet)

» im Gang: Rundfunk, Internet, Podcast

» Zukunft: RFID, GPS, Mobilfunk, Heimnetz → Einkaufen ???



## ■ neue Technologien

→ schon heute: WLAN bahnbrechend, WiMAX (???)

→ Zukunft: UWB ???, weitere???

## ■ Gefahren

→ hoher Störpegel durch viele elektrische Geräte

# Zusammenfassung

---

- Ursysteme nicht so verschieden zu heutigen
- GSM reif, aber ausgereizt
- UMTS grosses Potential
- Roaming grösstenteils ökonomische Probleme
- Berechnung Worst Case
- Messung möglich
- Zukunft wird höchst interessant...