

## Die letzte Meile als Luftlinie Möglichkeiten der Mobilkommunikation

Jens Tiemann | BELTEC | 1. Juli 2010 | Berlin |

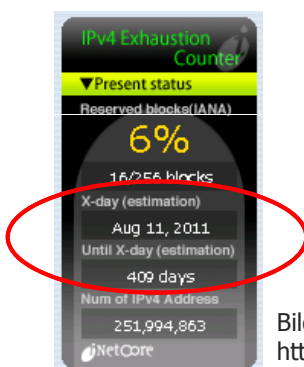
1



## Anstelle der Vorstellung... FOKUS – Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationssysteme

Kommunikationstechnologien und Dienste, Architekturen und Protokolle, Automatisierung von Software- und Systementwicklung in den Bereichen Telekommunikation und Automotive, Messen und Testen verteilter Kommunikationssysteme, eGovernment, ...

- Themenbeispiel: IPv6
  - Bisher übliche Internet-Adressen werden knapp



Bildquelle:  
<http://www.ipv6forum.com/>

- Themenbeispiel: Neuer Personalausweis
  - Ab dem 1. Nov. 2010 wird der neue Personalausweis eingeführt
  - Unterstützung für E-Business und E-Government



Bildquelle:  
<http://ccepa.de/>

2



## Übersicht

- Digitale Dividende
- Drahtlose Zugangsnetze
  - LTE – Long Term Evolution
  - WiMAX
- Anforderungen an drahtlose Zugangssysteme



## „Digitale Dividende“

- Freie Frequenzbänder des Rundfunks durch Digitalisierung
  - Digitale Ausstrahlung benötigt weniger Bandbreite (und Leistung)
  - DVB-T: Trotzdem mehr TV-Programme empfangbar
  - Keine „neuen“ Frequenzbereiche, sondern Umwidmung
- Besonders interessant: Frequenzbereich bei 800 MHz
  - Physikalische Eigenschaften erlauben großen Abdeckungsbereich
  - Effiziente Breitband-Versorgung im ländlichen Raum möglich
- Hindernisse:
  - Mobiltelefone (Endsysteme) können ggf. Fernsehempfang beeinträchtigen
  - Nutzung eines Teils der Fernsehkanäle für drahtlose Mikrofone
- Versteigerung der Frequenzen Apr.-Mai 2010 (siehe unten)
  - Besondere Versorgungsverpflichtung für unversorgte Regionen mit Breitbandanschlüssen (Fristen, Versorgungsgrad, weiterer Ausbau erst danach)

5 MHz	27 MHz 522 MHz	33 MHz 570 MHz	39 MHz 618 MHz
	Das Erste®	ZDF	VOX
	rbb® FERNSEHEN	sat	bibb
	extra®	K&KA zdf neo	BR FREI STUNDEN
	PROXIMUS	DFinfo	frei Kapazi
leipnitz kw sberg kw	Altenburgerplatz 120 kW Häfelberg 50 kW Seitzplatz 210 kW	Alexanderplatz 50 kW Schäferhof 50 kW	Alexander 210kW Schäferhof 50kW



## Frequenzversteigerung

- Erinnerung an die UMTS-Versteigerung im Jahr 2000
  - Damals: Internet- und UMTS-Hype
  - Rekord-Ergebnis: ca. 50 Mrd € (ca. 620 € Lizenzkosten je Einwohner)
  - Frequenzen für die 4 Mobilfunkprovider (+ 2 Provider, gaben Frequenzen zurück)
  
- Frühling 2010: Versteigerung
  - Frequenzen: Bisher nicht genutzte Mobilfunkfrequenzen, ehemalige Militärfreq.
  - Besonders interessant: Ehemalige TV-Frequenzen im Bereich 800 MHz
  - Ergebnis: ca. 4 Mrd. €, leicht unter den Erwartungen
  - Zugelassen/Gewinner:  
Vodafone, Telefónica (O2), T-Mobile, E-Plus (ohne 800 MHz-Bereich)
  
- Nutzung der Frequenzbereiche mit UMTS (oder später LTE)
  - Verschiedene Modellversuche, z.B. mit 7.2 Mbps, wenig Störungen zu erwarten
  
- Mehr Infos: <http://www2.bundesnetzagentur.de/frequenzversteigerung2010/>



## LTE – Long Term Evolution

- UMTS-Nachfolger des 3GPP-Konsortiums (Standardisierer aus Industrieländern, u.a. ETSI mit dem Ziel der Standardisierung von Mobilfunk inklusive IMS)
  - Evolutionäre Entwicklung des Mobilfunks: GSM → UMTS → LTE
  - All-IP Network / Packet Switched: Voice over IP
  
- Technisch:
  - OFDM (downlink) mit bis 300 Mbps (down), 75 Mbps (up)  
(verschiedene Terminalklassen definiert, zunächst weniger Bandbreite erwartet)
  - Verschiedene Bandbreiten ermöglichen Einsatz in weiten Frequenzbereichen
  - Aufteilung des Systems in Radio Access Network (RAN) und Core Network
  - Vereinfachte Systemarchitektur: Geringere Latenzzeiten, Skalierbarkeit
  
- Erste kommerzielle Netze in Skandinavien verfügbar seit Ende 2009
  
- Mehr Infos: <http://www.3gpp.org/LTE.html>



## WiMAX

- Standard-Familie IEEE 802.16: Fixed WiMAX, Mobile WiMAX, ...
- Basisstation ist zentrale Instanz zur Steuerung des Zugriffs
- Designziele sind hohe Datenrate und geringe Latenz
  
- WiMAX Hype nach UMTS-Hype: Hohe Datenraten als Argument  
~ 100 Mbps im Vergleich zu 384 kbps bei UMTS in der Startphase
  
- Versteigerung von Frequenzen 2006,  
einzelne Anbieter mit bundesweiter oder regionaler Lizenz
- Regionale Angebote, vor allem stationär genutzt
- Qualitätsprobleme in der Anfangsphase, insbesondere Voice over IP
  
- Zukunft in anderen Teilen der Welt, Schwierigkeiten bei bestehender Infrastruktur



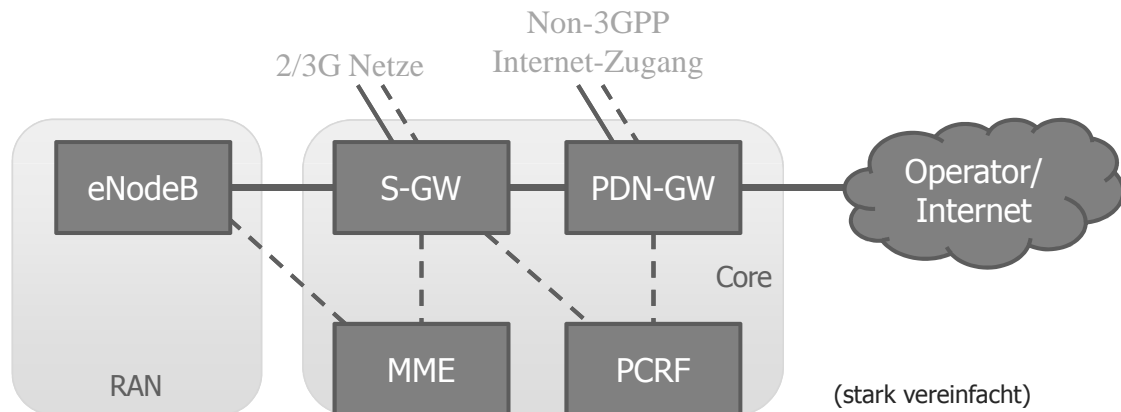
## Anforderungen an drahtlose Zugangsnetze

- Mobile oder nomadische Nutzung
- Permanente Erreichbarkeit, IP-Adresse zugewiesen (always on)
- Authentifizierung, Autorisierung und Abrechnung (AAA)
- (Inzwischen) breite Anforderungen an Bandbreite, Dienstgüte und Dienste
- Geringer Einfluss auf andere System (und Menschen...) in der Umgebung
- Einhaltung gesetzlicher Bestimmungen: Frequenzregulierung, Strafverfolgung
- ... und: Zugang zu kontrollierten Diensten / Anwendungen
  
- Beispiel: Nutzung von Surf-Sticks in Räumen mit WLAN-Zugang
  - Bequemlichkeit und Einfachheit der Installation und Nutzung
  - Ende-zu-Ende Garantien des Providers / Eigenschaften der Verbindung (z.B. VPN)
  - Gute Qualität des Zugangs (QoE – Quality of (User) Experience)
  - WLAN-Versorgung teilweise instabil, skaliert schlecht



## LTE – Evolved Packet Core (EPC)

- Flache Architektur mit wenigen Elementen, Evolutionäre Übergänge zu
  - (eNodeB – Basisstation als Teil des Radio Access Networks)
  - SGW – Serving Gateway: User Plane Mobility, Endpunkt für Mobilität des Endsystems
  - MME – Mobility Management Entity: Signalisierung, Lokalisierung und Handover
  - PDN GW – Packet Data Network GW: QoS-Unterstützung, Gebührenerfassung
  - PCRF – Policy and Charging Rule Function: Kontrolle auf Basis von Datenflüssen



9



- Sind damit alle Probleme gelöst?
  - Suche nach ungenutztem Spektrum und Einsatz von LTE & LTE Advanced?

10



## Übersicht

- Digitale Dividende
- Drahtlose Zugangsnetze
  - LTE – Long Term Evolution
  - WiMAX
- Anforderungen an drahtlose Zugangssysteme
- Herausforderungen
- Entwicklungen
  - Selbst-Organisation von Systemen (Self-Organizing Networks)
  - Opportunistic Radio
  - Femto-Zellen
  - Mesh Networks
- Zusammenfassung



## Technische Herausforderungen sind zu meistern...

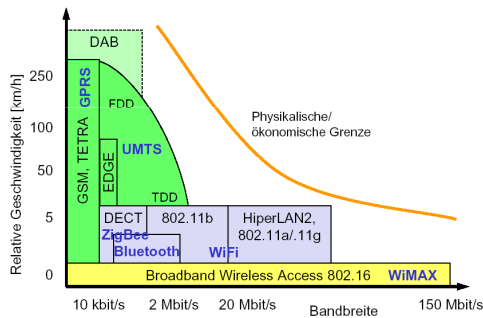
- Mobilfunk ist prinzipiell ein unzuverlässiges Transportmedium
  - Paketverlust bei der Übertragung
  - Wechselnde Übertragungsbedingungen
  - (im Gegensatz zu Drähten/Fasern)
- Begrenzte Reichweite, abhängig von Einsatzgebiet und Umgebung
- Hidden-Node-Problem & Interferenzbereiche bei drahtloser Kommunikation
- Lösung z.B. mittels „technischer Tricks“
  - Auswahl geeigneter Kodierungsverfahren (Funkssysteme nahe theoretischem Limit)
  - Aufwändigere Signalverarbeitung, z.B. Entzerrer
  - Mehrantennensystem: MIMO, Antennen-Felder und Beam Forming
  - ...

→ Insgesamt: Grundsätzlich andere Systeme sind nicht zu erwarten

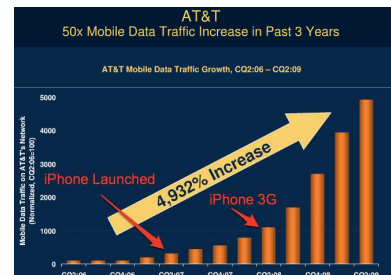


## „Wirkliche“ Herausforderungen (nicht nur im Mobilbereich...)

- steigendes Datenvolumen
  - fallende Preise
- } & begrenzte Ressourcen  
(z.B. Übertragungskapazität)
- Aufteilung der Bandbreite in einer Zelle zwischen den Nutzern
  - Zusammenwachsen von Anwendungen und Netz, z.B. bei Cloud-Computing
  - Aber auch eine neue Sichtweise:



Quelle: Prof. Jochen Schiller, ca. 2005



Quelle: Morgan Stanley, Okt 2009



## Netztypen

- Ursprüngliche Sicht auf verschiedene Netztypen
  - (W)PAN – Personal Area Networks (z.B. Bluetooth)
  - (W)LAN – Local Area Networks
  - (W)MAN – Metropolitan Area Networks
- Gegenwärtige Sicht
  - Sensor Networks (geringe Stromaufnahme, selbstkonfigurierend)
    - Grössere Vielfalt von Systemen aufgrund von technischen Kompromissen
  - WLAN-Zugang (nach IEEE-Standards, 802.11-Familie)
    - auch als Adhoc-Kommunikation zwischen Endgeräten (allerdings einfach, siehe Nintendo DS / Wii)
    - oder als WLAN-Richtfunk im Zugangsbereich
  - Mobilkommunikation (GSM/UMTS, nach 3GPP-Standards)
    - Siehe auch Palm / iPhone als Access Point
- Unterscheidung nach lizenziertem und unlizenziertem Spektrum



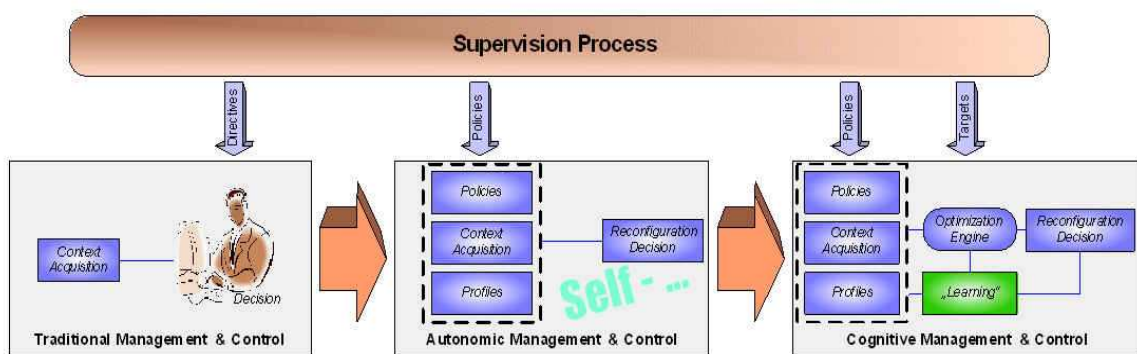
## Mögliche Lösungen für „wirkliche Herausforderungen“

- Weitergehende Ansätze / neue Systeme
- Selbstkonfigurierende Systeme (nicht nur in drahtlosen Netzen!)
- Cognitive / Opportunistic Radio
- Femto Cells
- Mesh Networks
- ...

→ Insgesamt: Überraschungen möglich, allerdings eher auf dem Gebiet der Anwendungen  
 → Beispiel: Weltweite WLAN-Community FON (<http://www.fon.com/de/>)  
 → Großer Anbieter nötig, siehe Apple bei Endsystemen oder Google...



## Selbst-Organisierende Systeme



E3 Project

- Ziele:
  - Reduzierung des Administrationsaufwands
  - Verringerung von Fehlkonfigurationen
  - Effizientere Ausnutzung von begrenzten Ressourcen

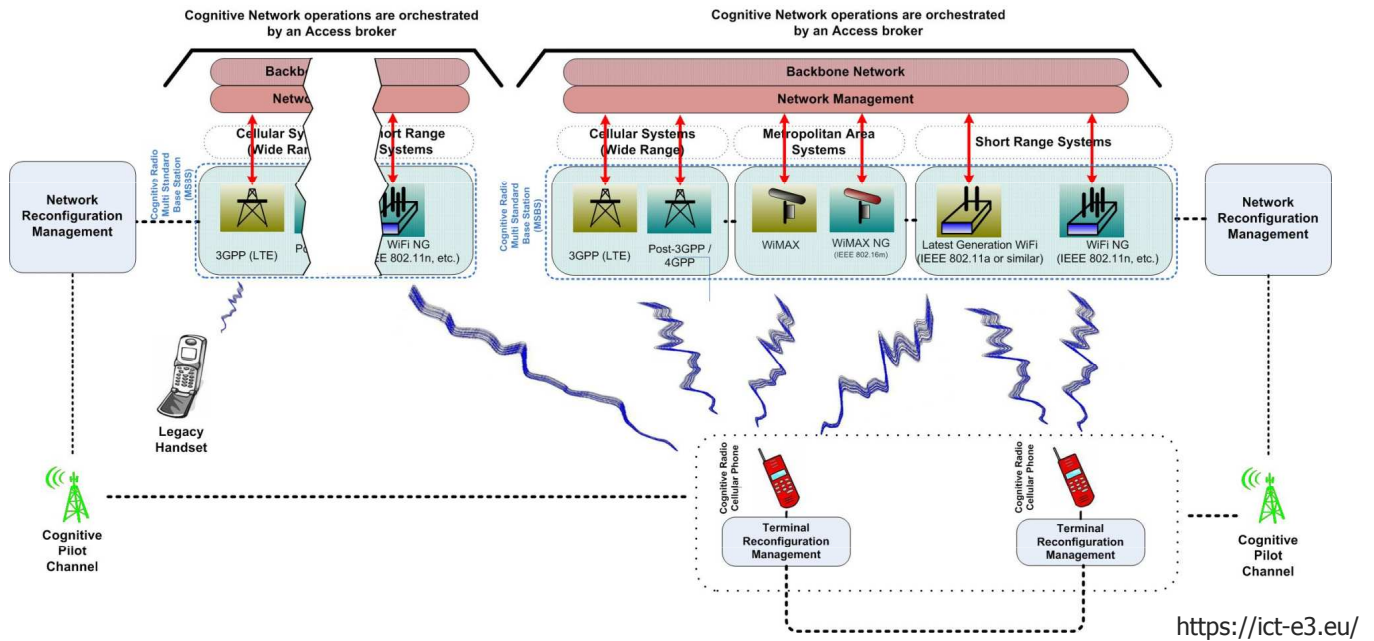
- Mobilkommunikation als Startpunkt
  - Einheitliche, standardisierte Systeme
  - Herausfordernde Umgebung



aber auch im Festnetz  
 → Future Internet



# E3 – Projekt (EU / FP7)

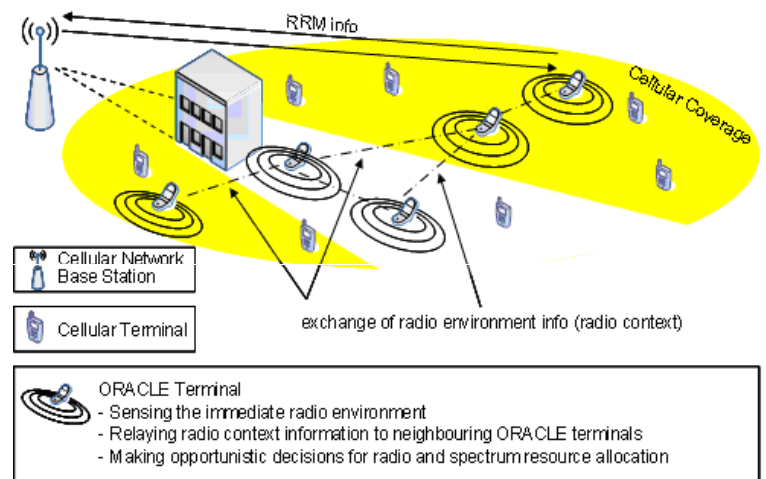


- Integration und Management verschiedener Beyond-3G-Systeme
  - Cognitive Pilot Channel: Informationen zu Frequenzen, Zugangstechniken, Last, ...
  - Radio Resource Management: Selbstorganisation genutzter Frequenzen/Techniken



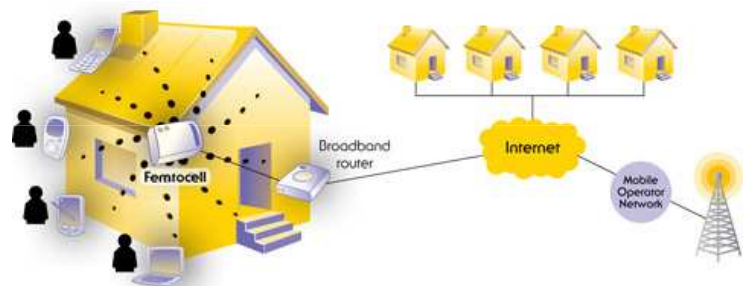
# Opportunistic Radio / Cognitive Radio

- Übertragungssysteme zur Zweitnutzung von Kommunikations-„Lücken“
  - Örtliche, zeitliche oder spektrale Gelegenheiten zur Übertragung
  - Erweiterung der Kapazität durch Zweitnutzung, zusätzliche Kapazität
- Praktische Messungen zeigen ungenutztes Spektrum
  - Nutzung nach Messungen durch das Radiosystem oder Abfrage von Datenbanken
- Komplexe Modelle von Umgebung & Nutzung
- Beispiel: TV White Spaces
- Technologische Chance für Europa mit seiner dichten Besiedelung



## Femto-Zellen

- Kleine Basisstation, ausgelegt für Haushalte oder kleine Firmen (Home Node B)
- Verbindung zu Mobilfunkanbieter (über DSL / Internet)
  - Management über Mobilfunkprovider
  - Nutzung des lizenzierten Spektrums
- Erweiterung der Netzabdeckung (inhouse)
  - Verbesserung der Qualität
  - Verlängerung Akku-Lebensdauer
  - Normales Endsystem nutzbar
- Komplexe Steuerung, insbesondere der Interferenz
- E2E QoS möglich, lokales RRM
- Möglicher Einstieg in Home Gateways?

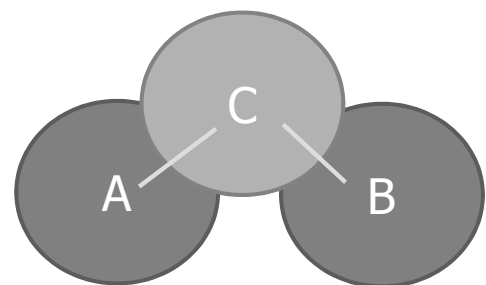


<http://www.femtofourm.org>



## Mesh-Netze und -Technologie

- Netz von Funksystemen ohne Infrastruktur, hier als Zugangsnetz
  - Gute Lastverteilung, bei komplexem Routing
  - Preiswerte Hardware, Redundanz
  - Keine zentrale Verwaltung nötig
- Basiert meist auf WLAN-Technik
  - Vielzahl von Routing-Protokollen
  - Preiswert, auch für längere Strecken
- Beispiele:
  - Freifunk – Freies Funknetz  
nicht-kommerzielle Initiativen in verschiedenen deutschen Städten, Teilen von Ressourcen
  - NET4DC – Infrastruktur für Entwicklungsländer  
Optimierung z.B. auf geringen Stromverbrauch



NET4DC



## Zusammenfassung

- Außerordentlicher Erfolg der Mobilkommunikation
  - Dienste stehen im Mittelpunkt, alles basiert auf dem Internet
- Immer bessere Ausnutzung des Spektrums
  - Steigerung der Leistungsfähigkeit der Mobilkommunikation über neue Ansätze
- Femto-Zellen, Mesh-Networks und LTE-Basisstationen benötigen (teilweise hochbandbreitigen) Internet-Zugang, ideal ist Glasfaser-Infrastruktur
- Mobiler Internet-Zugang erweitert Nutzung von Diensten und erhöht Datenvolumen
  - Gute (Glasfaser-) Infrastruktur als Basis für festen und mobilen Internetzugang
- Verstärkung des Systemgedankens am Netzwerkzugang
  - Internet-Zugang ist mehr als nur Bitpipe
  - Große Anbieter (z.B. Mobilfunkprovider) bieten Ende-zu-Ende-Garantien
- Neue Szenarien werden möglich:
  - Handover zwischen Mobilgerät und Festnetz, Multihoming in Fest- und Mobilnetz
  - Zugang zu Netzschnittstellen (API, Signalisierung) beim Endteilnehmer



Fraunhofer Institute for Open  
Communication Systems

Kaiserin-Augusta-Allee 31  
10589 Berlin, Germany

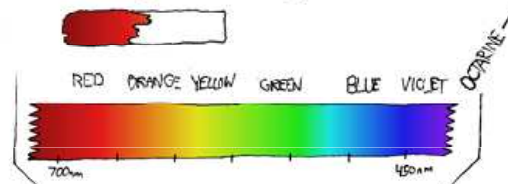
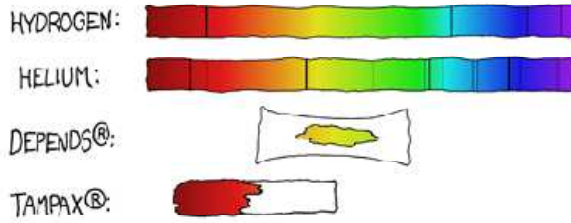
[www.fokus.fraunhofer.de](http://www.fokus.fraunhofer.de)



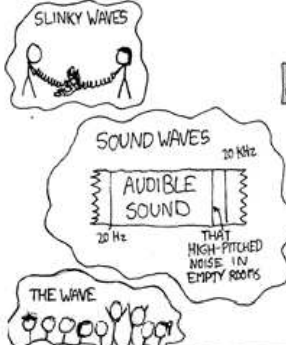
# THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM

THESE WAVES TRAVEL THROUGH THE ELECTROMAGNETIC FIELD. THEY WERE FORMERLY CARRIED BY THE AETHER, WHICH WAS DECOMMISSIONED IN 1897 DUE TO BUDGET CUTS.

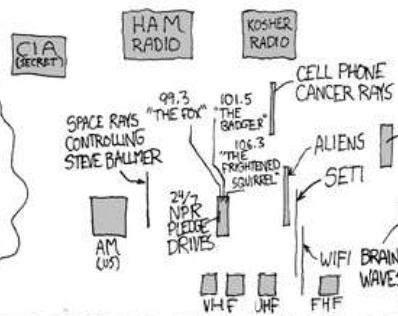
## ABSORPTION SPECTRA:



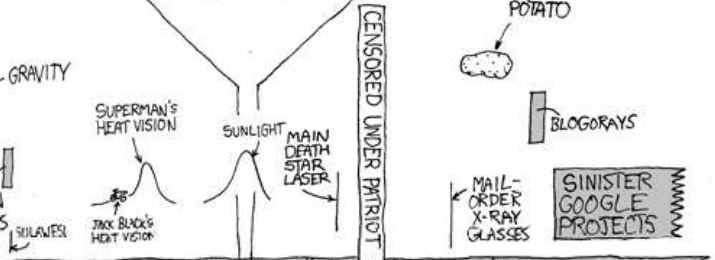
### OTHER WAVES:



SHOUTING CAR DEALERSHIP COMMERCIALS



VISIBLE LIGHT



CENSORED UNDER PATRIOT ACT

