

1

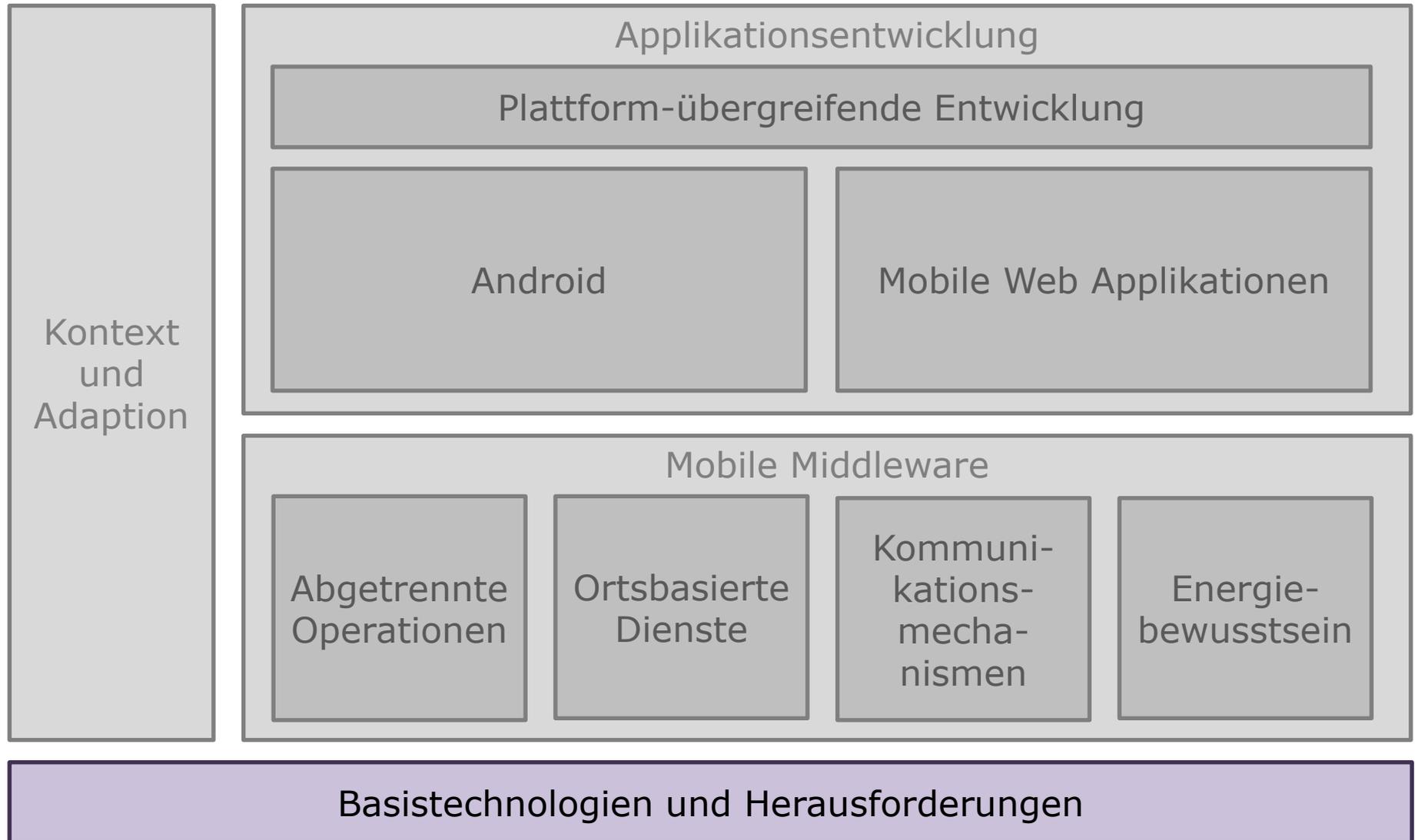


Web- und App-Programmierung
**Basistechnologien &
Herausforderungen**

mit Skriptmaterial von Dr.-Ing. T. Springer

Prof. Dr.-Ing. Tenshi Hara
fragen@lern.es

AUFBAU DER LEHRVERANSTALTUNG



MERKMALE DRAHTLOSER KOMMUNIKATION (1/2)

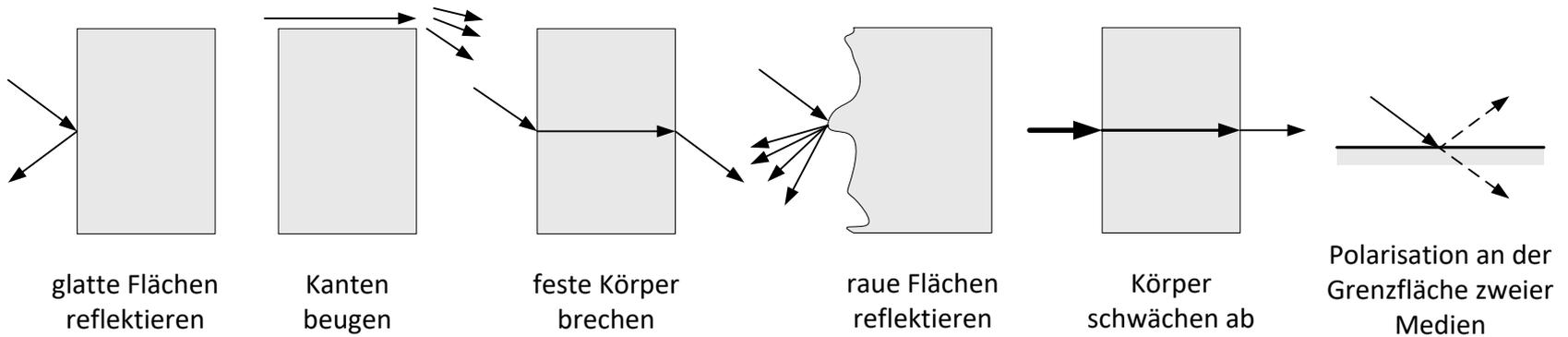
- Anfälligkeit gegenüber Interferenzen
 - keine Kabelschirmung
 - Überlagerungseffekte
 - multiple Ausbreitungstrajektorien und -effekte
- geringere Datenraten aufgrund begrenztem Frequenzspektrums
 - länderspezifische Regulation
 - geteiltes Medium
 - höhere Datenraten nur mit höheren Frequenzen
 - höherer Energieverbrauch und höhere Fehleranfälligkeit
 - Brechungs-, Refraktions- und Beugungseffekte

MERKMALE DRAHTLOSER KOMMUNIKATION (2/2)

- hohe Sicherheitsanforderungen wegen gemeinsam genutztem Medium
- begrenzte Abdeckung
 - „Sichtverbindung“ notwendig
 - Dämpfung, Verformung/Streckung und Replikation des Signals
 - Effekte sind von Frequenz abhängig

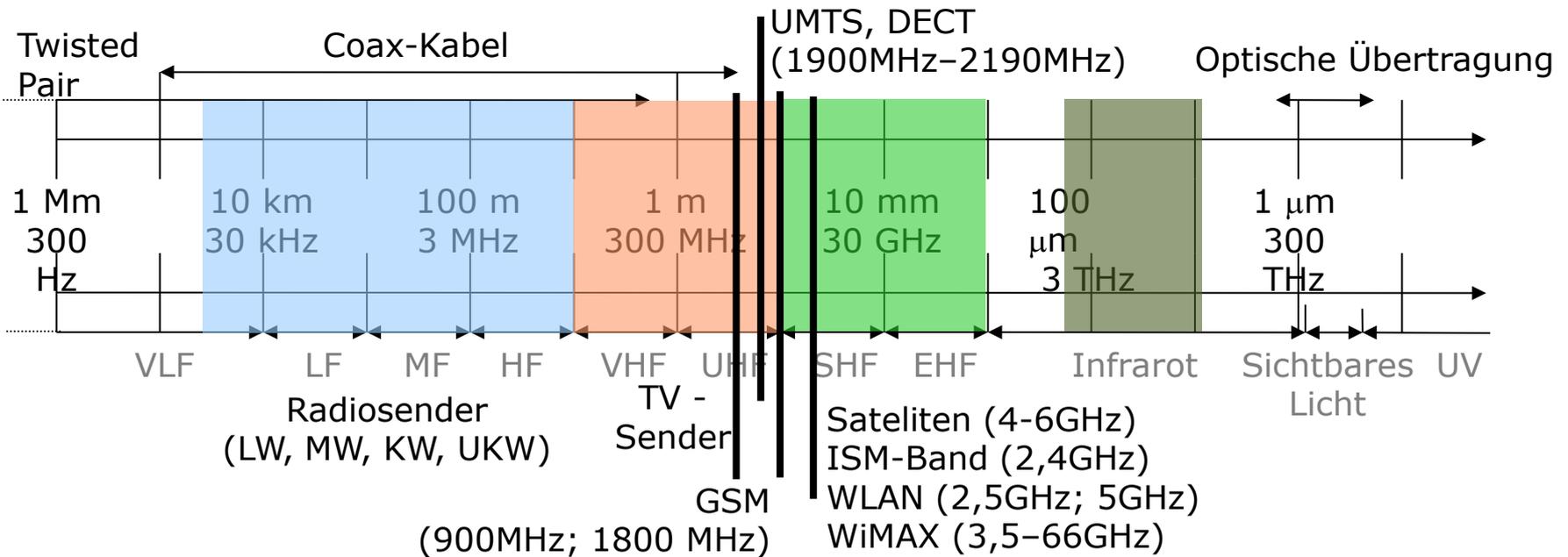


EFFEKTE DER SIGNALAUSBREITUNG



- Freiraumdämpfung, Abschattung, Reflexion, Brechung, Streuung, und Beugung sind frequenzabhängig
- *Abschattung und Reflexion* werden durch Objekte verursacht, die **wesentlich größer als die Wellenlänge** des Signals sind („Teilchenverhalten“)
- *Streuung* des Signals an Objekten in der **Größenordnung der Wellenlänge oder darunter** → Aufspalten in schwächere Teilsignale
- je höher Frequenz, desto mehr verhält sich dieses wie Licht
 - Durchdringung von Objekten mit zunehmender Frequenz schlechter
 - Direktwellen, Kommunikation in Sichtlinie

FREQUENZVERTEILUNG



Frequenz und Wellenlänge: $\lambda = \frac{c}{f}$

Wellenlänge λ , Lichtgeschwindigkeit $c \cong 3 \times 10^8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, Frequenz f

VLF Very Low Frequency

LF Low Frequency

MF Medium Frequency

HF High Frequency

VHF Very High Frequency

UHF Ultra High Frequency

SHF Super High Frequency

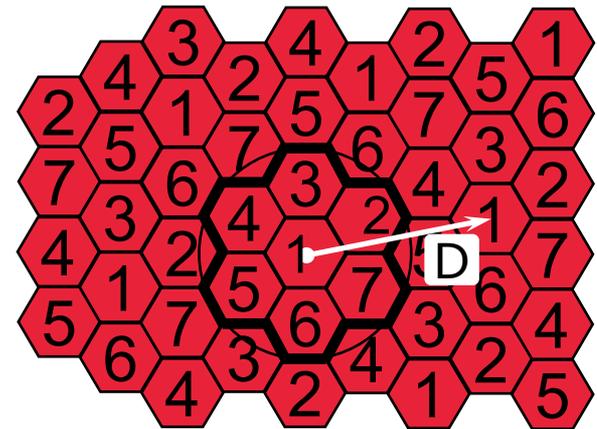
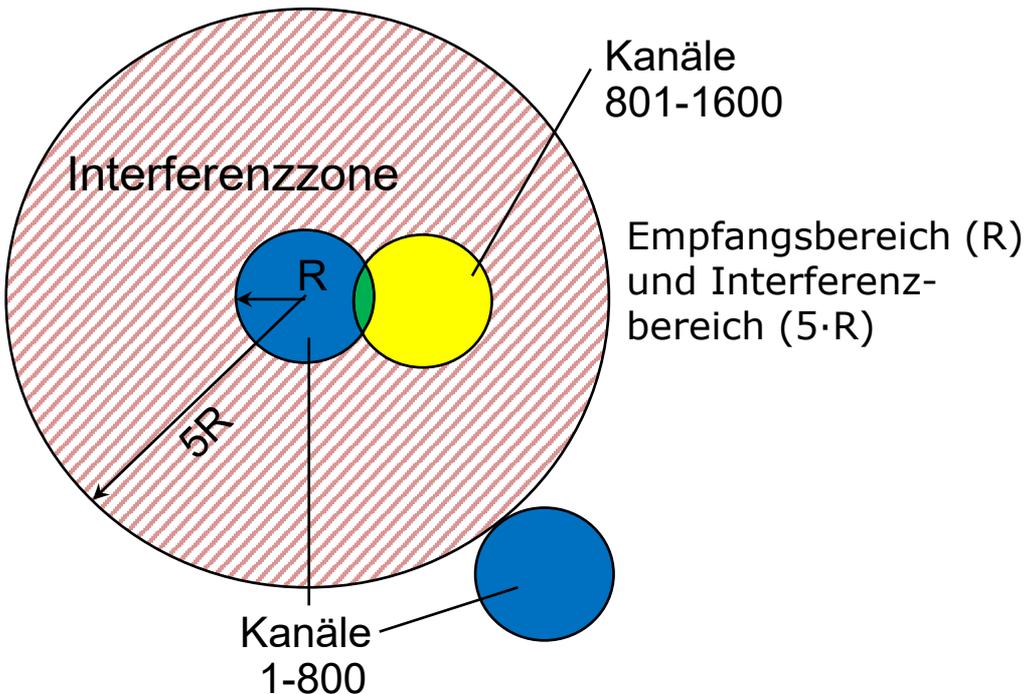
EHF Extra High Frequency

UV Ultraviolet Light

ISM Industrial, Scientific and Medical

MEDIENZUGRIFF – ZELLULARE NETZWERKE

- Aufteilung des Frequenzbandes in Teilfrequenzen
- Nachbarzellen nutzen unterschiedliche Teilfrequenzen
→ Vermeidung von Interferenzen
- entstehendes Zellcluster wird wiederholt
 - je größer die Zelle, desto weniger Kanäle pro Fläche verfügbar
 - je größer die Zelle, desto größer sind benötigte Sendeleistung und Interferenzzone

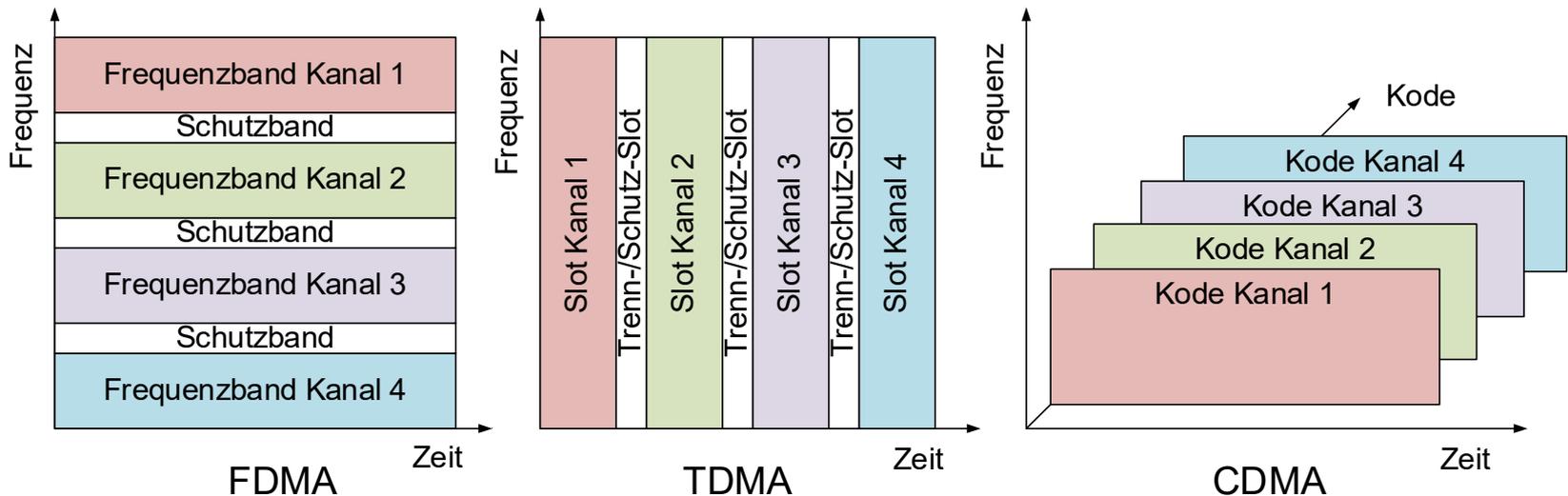


$$D = R\sqrt{3k}$$

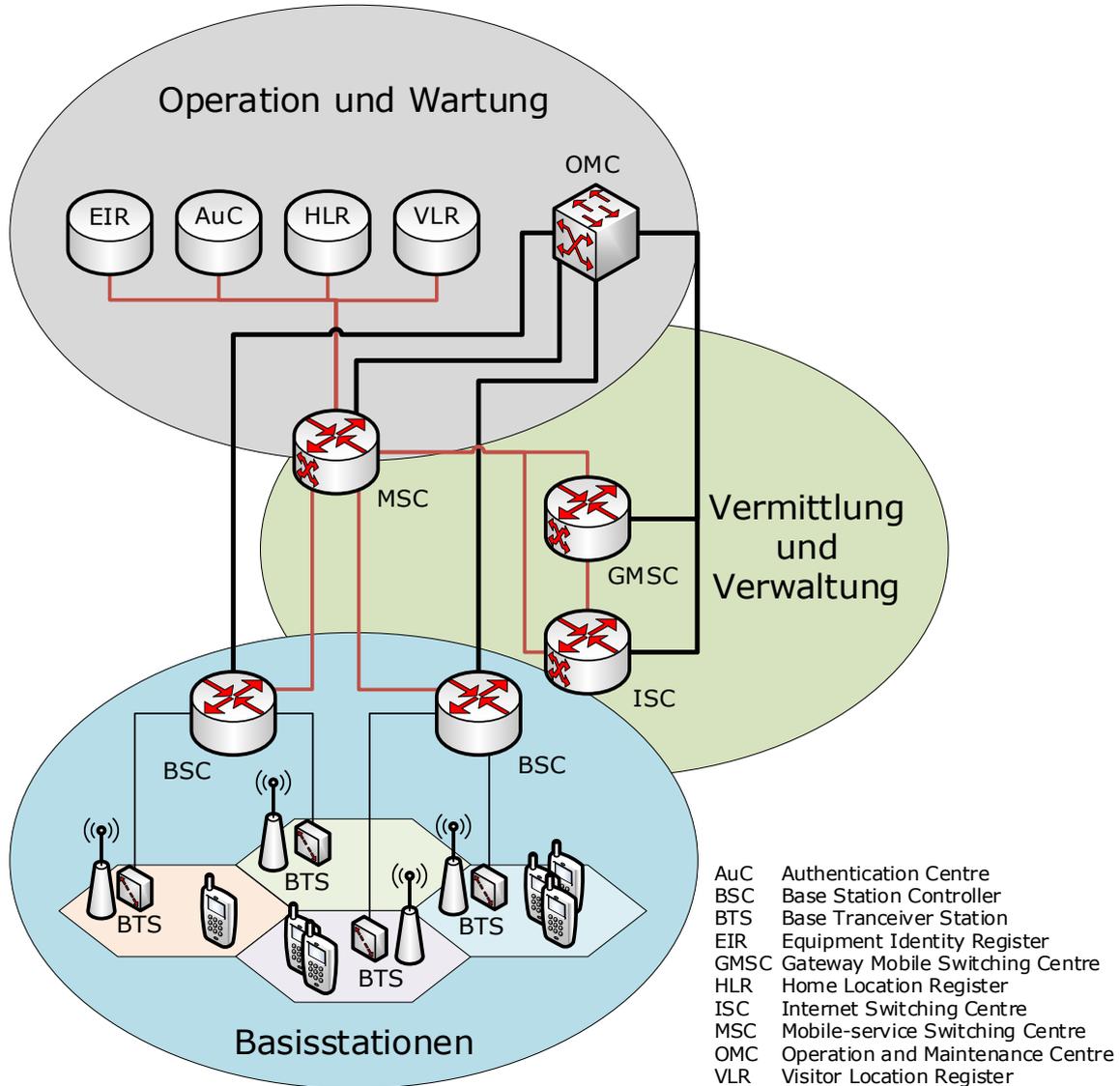
- k: Anzahl Zelltypen (hier $k=7$)
- D: Abstand zwischen 2 Basisstationen mit gleicher Frequenz

MULTIPLEXVERFAHREN

- Multiplexverfahren ermöglichen mehrere Kanäle an einem Ort
- Frequency Division Multiple Access (FDMA)
 - Nutzung von Teilbändern für mehrere Kanäle
- Time Division Multiple Access (TDMA)
 - Nutzung von Zeiträumen (time slots) für mehrere Kanäle
- Code Division Multiple Access (CDMA)
 - Nutzung minimal interferierender Codes für mehrere Kanäle



MOBILFUNKNETZE



- zellbasierte Struktur auf nationaler Ebene
- hierarchische Netzwerkarchitektur
- Behandlung von Mobilität (Übergabe bei Zellwechsel)
- Anbindung an PSTN, andere Mobilfunknetze und das Internet
- getrennte Pfade für verbindungs- und paketbasierte Kommunikation (Circuit vs. Packet Switched Traffic)

MOBILFUNKNETZE (2G)

- Global System for Mobile Communications (GSM)
 - entwickelt für analog-digital-gewandelte Telefonie
 - Sendeleistung 1W bis 2W
 - Circuit Switched Data (CSD) mit fehlerkorrigierter Datenrate bis $9.600 \frac{\text{Bit}}{\text{s}}$ (heute maximal $14.400 \frac{\text{Bit}}{\text{s}}$ mit anderer Kodierung)
 - eingeteilt in Traffic Channel (TCH)
- High Speed Circuit Switched Data (HSCSD)
 - leitungsvermittelt; zeitbasierte Abrechnung von Daten
 - parallele Nutzung von bis zu 4 TCH
(d.h. maximale Datenrate bei $4 \times 14.400 \frac{\text{Bit}}{\text{s}} = 57.600 \frac{\text{Bit}}{\text{s}}$)
 - asymmetrische Kanalnutzung für schnelleren Upload (2:2 oder 3:1 mit $28.800 \frac{\text{Bit}}{\text{s}}$ Down/Up bzw. $43.200 \frac{\text{Bit}}{\text{s}}$ Down und $14.400 \frac{\text{Bit}}{\text{s}}$ Up)

MOBILFUNKNETZE (2.5G, 2.75G)

- General Packet Radio Services (GPRS)
 - Erweiterung von GSM; Netzwerkinfrastrukturanpassung notwendig
 - paketvermittelt; volumenbasierte Abrechnung von Daten
 - Daten parallel zu, aber getrennt von CSD-Diensten
 - parallele Nutzung von bis zu 4 TCH (CS-2-Kodierung)
(maximale Datenrate $4 \times 13.400 \frac{\text{Bit}}{\text{s}} = 53.600 \frac{\text{Bit}}{\text{s}}$)
- Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE)
 - Anpassung an HSCSD und GPRS durch modifizierte Modulation
 - Nutzung von 6 TCH (4:2 Down/Up)
(d.h. maximale Down-Datenrate bei $4 \times 59.200 \frac{\text{Bit}}{\text{s}} = 236.800 \frac{\text{Bit}}{\text{s}}$)
 - EDGE-Modulation kann selektiv pro Kanal aktiviert werden
→ keine Beeinflussung des übrigen GPRS-Verkehrs

MOBILFUNKNETZE (2G-ABSCHLATUNG)

2G wird bis 30.06.2028 abgeschaltet

- bisher gesetzlich verpflichtende 2G-Versorgung (trotz 3G-Abschaltung) wegen Leitungsgarantie für Notrufe
- für 6G benötigtes 900-MHz-Band wird dann frei
- wegen IP-basiertem 4G/5G/6G-Netz keine Notrufgarantie mehr

MOBILFUNKNETZE (3G)

- Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)
 - basiert auf Breitband-Kodetrennungsmehrfachzugriff (WCDMA)
 - Nutzertrennung durch Kodierung (CDMA)
 - Vollduplexkommunikation durch Frequenzteilung (FDD)
 - Anbietertrennung durch Frequenztrennungsmehrfachzugriff (FDMA) oder Zeitschlitzverfahren (TDD)
 - Sendeleistung 0,125W bis 0,25W
 - paketvermittelte Basisdatenrate bei $384 \frac{\text{kBit}}{\text{s}}$
(unter allen Teilnehmerendgeräten geteilt; maximal $2 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$)
 - leitungsvermittelte Basisdatenrate bei $14,4 \frac{\text{kBit}}{\text{s}}$
(als Leitungsgarantie pro Teilnehmer, falls verfügbar)
 - High Interactive Media (leitungsvermittelt) bei $128 \frac{\text{kBit}}{\text{s}}$
(als Leitungsgarantie pro Teilnehmer, falls verfügbar)

MOBILFUNKNETZE (3.5G)

- High-Speed Packet Access (HSPA)
 - Optimierungen für Download- und Upload-Datenraten
 - High-Speed Downlink Packet Access (HSDPA)
 - High-Speed Uplink Packet Access (HSUPA)
 - Mehrantennenkodierung (MIMO) mit Quadraturphasenumtastung (QPSK) und Quadraturamplitudentastung (QAM)
 - Anbietertrennung durch Frequenztrennungsmehrfachzugriff (FDMA) oder Zeitschlitzverfahren (TDD)
- paketvermittelte Basisdatenraten von $1,2 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$ (Kategorie 1) bis $337,5 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$ (Kategorie 36) je Endgerät
- Datenraten in der Praxis: $3,6 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$, $7,2 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$ und $14,4 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$ (kanalgebündelt)
- Verluste durch bedarfsgesteuerten, fehlerkorrigierenden Kode

MOBILFUNKNETZE (3.9G)

- Long-Term Evolution (LTE)
 - Orthogonales Frequenzmultiplexing (OFDM) auf Basis von UMTS
 - keine Änderung an der UMTS-Basisstationshardware notwendig!
Nur angepasste Modulation und Kodierung
 - paketvermittelte Basisdatenrate von $50 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$
 - asymmetrische Kanalbündelung
 - Cat 4 (3:1): $150 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$ Down und $50 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$ Up
 - Cat 6 (6:1): $300 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$ Down und $50 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$ Up
 - unterstützt mobile Endgeräte (bis $500 \frac{\text{km}}{\text{h}}$; optimiert auf $15 \frac{\text{km}}{\text{h}}$)

MOBILFUNKNETZE (4G, 5G)

- LTE-Advanced (LTE+, LTE-A)
 - höhere spektrale Effizienz von bis $30 \frac{\text{Bit}}{\text{s}\cdot\text{Hz}}$
 - höhere Anzahl gleichzeitig aktiver Nutzer
 - MIMO-Zugang auch am Zellrand → höhere Randdatenraten
 - Trägerbündelung (Carrier Aggregation; CA) in Kombination mit erhöhter Multi-Antennentechnik (8x8 MIMO Down)
 - Down-Datenraten von $300 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$ bis $4 \frac{\text{GBit}}{\text{s}}$
 - Up-Datenraten von $50 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$ bis $1 \frac{\text{GBit}}{\text{s}}$
 - Down/Up in der Praxis (Deutschland, 2018): $600 \frac{\text{MBit}}{\text{s}} / 150 \frac{\text{MBit}}{\text{s}}$
- 5. Mobilfunkgeneration (5G NR, 5GTF, 5G-SIG)
 - geringere Latenz, höhere Datenraten
 - Nahbereich- bis Fernkommunikation

MOBILFUNKNETZE (5G SA, 5G+)

So funkt(ioniert) 5G+



Smartphone unterstützt **keine** 5G-Standalone-Technologie



Verbindet sich mit 5G und LTE



Normaler Stromverbrauch



Smartphone unterstützt 5G-Standalone-Technologie



Verbindet sich nur mit 5G



Bis zu **20 Prozent weniger** Stromverbrauch beim Surfen

© 2024 Vodafone

Wer 4 Wochen durchgängig mit 5G+ surft, spart bis zu 1 kWh Energie. Das entspricht:



oder



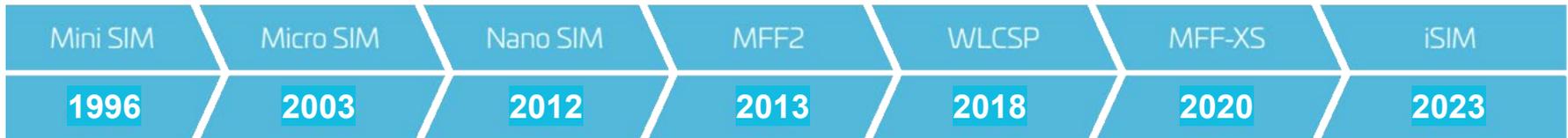
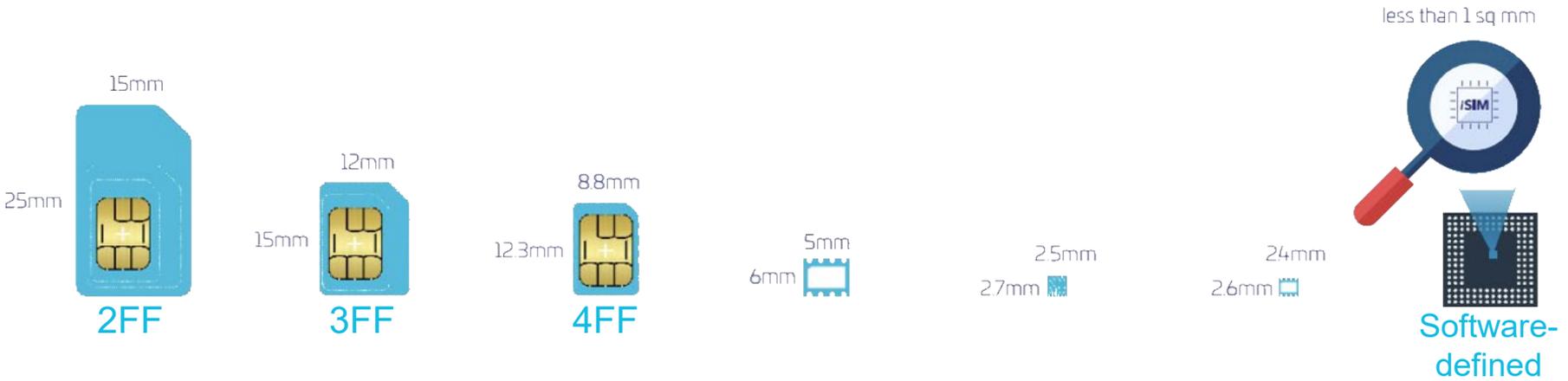
oder



oder



MOBILFUNKZUGANG

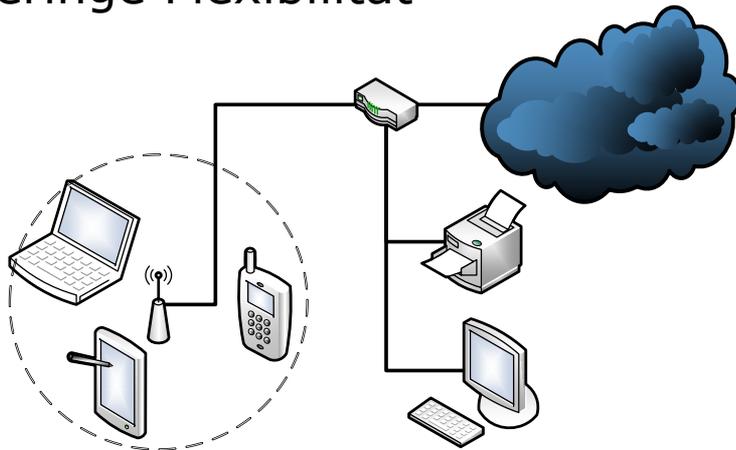


© 2022 Thales Group

WLAN UND WPAN

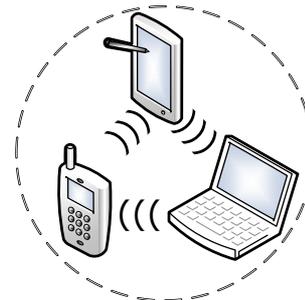
Wireless Local Area Network

- drahtloser Zugang zum LAN via Access Point (AP)
- via LAN Zugriff auf weitere Netze
- Stern-Topologie
- Netzwerkfunktionalität durch AP vorgegeben
- stationäre Planung notwendig; geringe Flexibilität



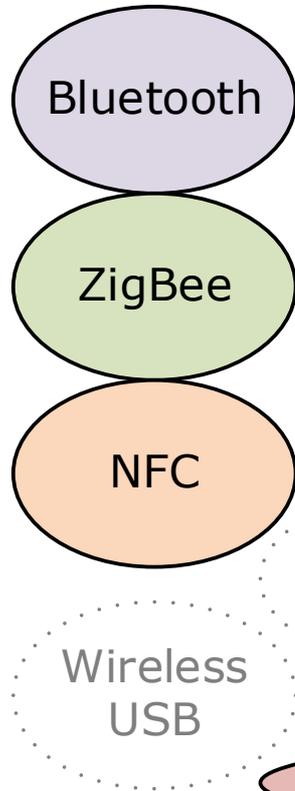
Wireless Personal Area Network

- persönliches P2P-Netzwerk
- ohne Zentralstation/Hierarchie
- ohne vorherige Planung möglich (ad hoc)
- gesamte Netzwerkfunktionalität muss in Geräten vorgehalten werden → komplexere Endgeräte
- nur prokurierter Zugriff auf andere Netzwerke

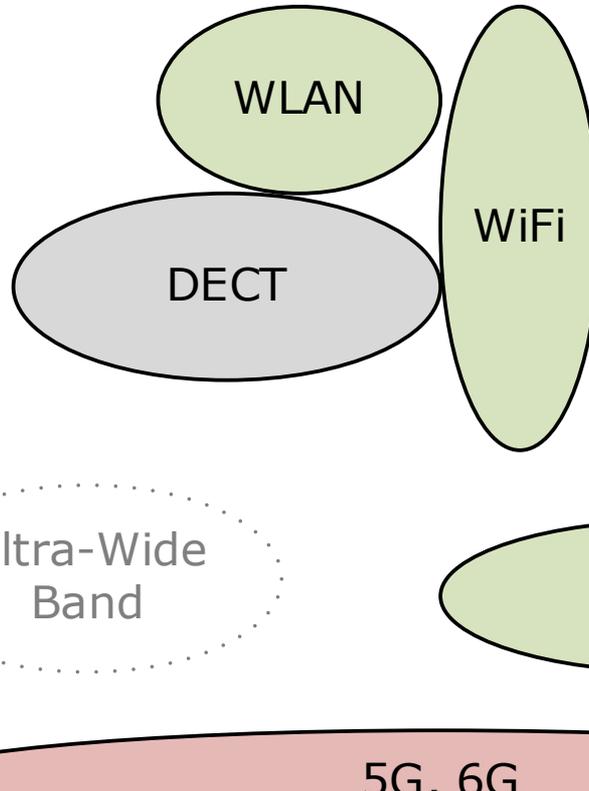


DRAHTLOSE KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIEN

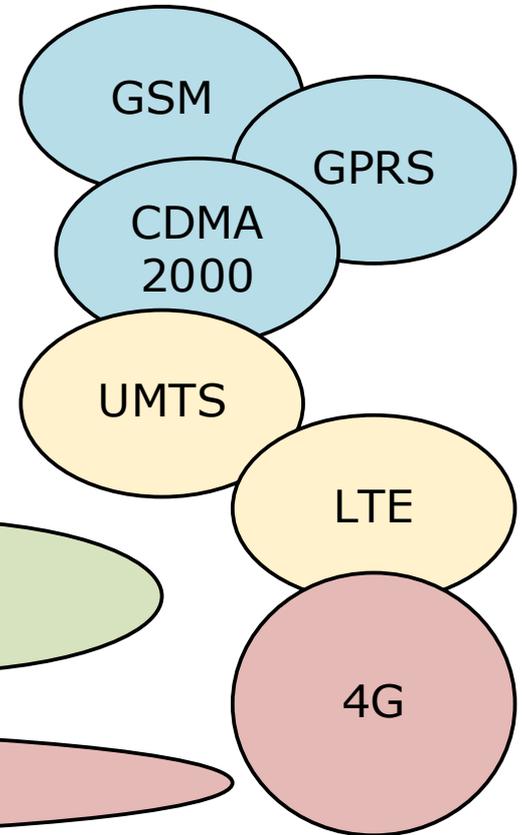
Personal Area Network



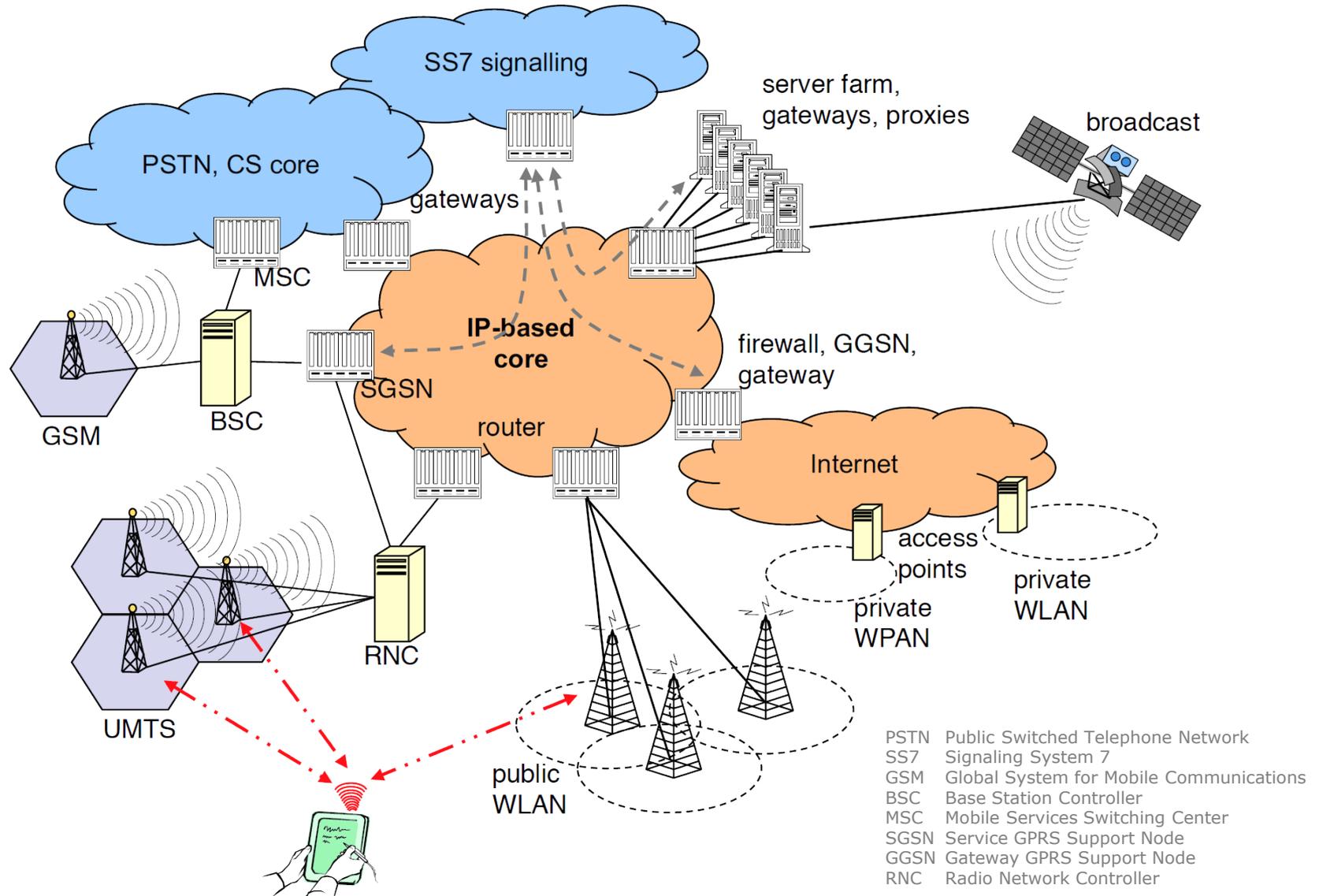
Local Area Network



Wide Area Network



INTEGRIERTE KOMMUNIKATIONSINFRASTRUKTUR





INFORMATIONSDARSTELLELENDE GERÄTE



Basisgeräte

- Sprache und SMS
- simples Zubehör
 - Kamera
 - Taschenlampe



Feature Phone

- Sprache, SMS/MMS, Daten
- Kamera mit Einstellungen
- JavaME, BREW

Smartphone

- Sprache, Nachrichten, Daten
- WLAN
- grafische Benutzeroberfläche
- Touch-Bedienung
- kleine Tastatur oder Bildschirmtastatur
- Apps und App-Store



Tablets

- Daten (WLAN, 3G, 4G)
- grafische Benutzeroberfläche
- Touch-Bedienung
- Apps und App-Store



Netbook/Laptop

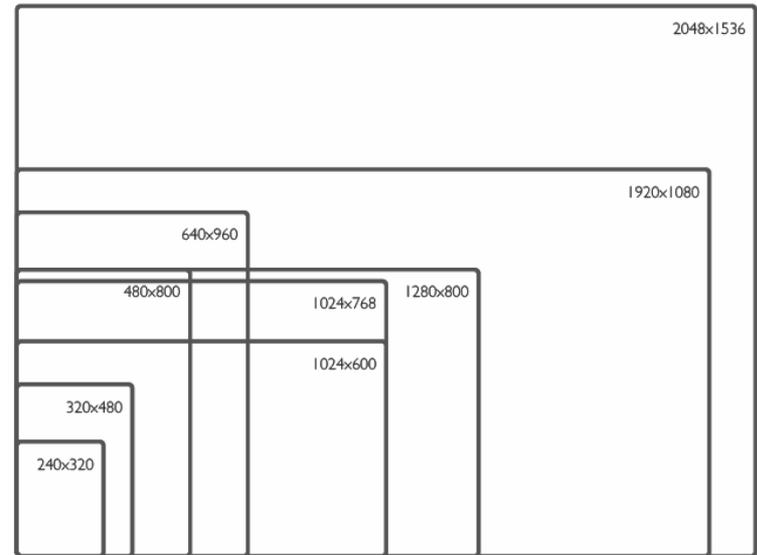
- voller Funktionsumfang
- Standardanwendungen



Fähigkeiten und Komplexität 

RESSOURCEN

- Samsung Galaxy Tab S8 Ultra
 - bis zu 512GB / 16GB Speicher
 - Snapdragon 8 Gen 1 (1x Cortex-X2, 3x Cortex-A710, 4x Cortex-A510), dediz. GPU (Adreno 730)
 - 2960x1848 px bei 240ppi
 - WiFi, GPS, 3G+, LTE, 5G, BT
- Google Pixel 6 Pro
 - bis zu 512GB / 12GB Speicher
 - Tensor (2x Cortex-X1, 2x Cortex-A76, 4x Cortex-A55), dediz. GPU (Mali-G78 MP20)
 - 1440x3120 px bei 512ppi
 - WiFi, Dual-Band GPS, 3G+, LTE, 5G, UWB, NFC, BT



- BLU Studio X10 2022
 - 32GB / 1GB Speicher
 - Mediatek MT6580 (4x Cortex-A7)
 - 480x854 px bei 196ppi
 - WiFi, GPS, 3G+, BT, FM-Radio

BILDSCHIRMAUFLÖSUNGEN

Deutschland

	Auflösung	Anteil
Samsung	1. 1080x1920	17.89%
	2. 750x1334	17.09%
	3. 1440x2960	12.40%
	4. 720x1280	11.56%
	5. 1440x2560	9.71%

USA

	Auflösung	Anteil
Apple	1. 750x1334	21.45%
	2. 1080x1920	20.36%
	3. 1440x2960	15.70%
	4. 1125x2436	8.81%
	5. 720x1280	7.22%

Zahlen für Q4/2019

<https://deviceatlas.com/blog/most-used-smartphone-screen-resolutions>

BETRIEBSSYSTEME

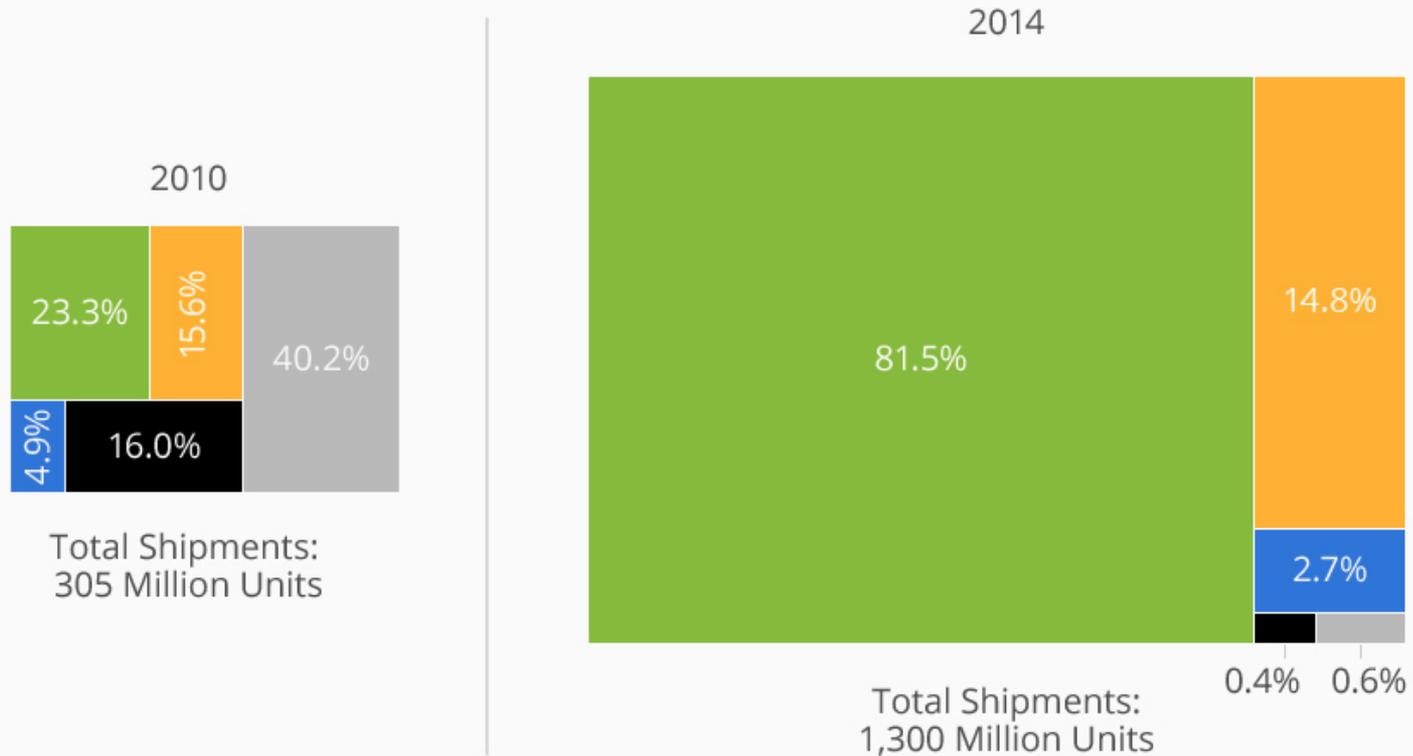
- Android
 - für Smartphones, Tablets, Wearables und Embedded
 - Java-Entwicklungsumgebung, aber spezielle Runtime (ART, Dalvik)
 - herstellerübergreifend (HTC, Huawei, LG, Motorola, Samsung, Sony, ...), aber teilweise sehr stark angepasst
- iOS
 - für Smartphone, Tablets und Mediengeräte
 - Entwicklungsumgebung in Swift und Objective-C, XCode
 - exklusiv auf Apple-Geräten
- Sonstige
 - Blackberry
 - Firefox OS, Chrome OS
 - Sailfish
 - Samsung Tizen
 - Symbian, S40, S60
 - Windows Phone

MARKTKONSOLIDIERUNG

Smartphone Duopoly Pushes Competition To The Fringes

Worldwide smartphone market share by operating system

■ Android
 ■ iOS
 ■ Windows Phone
 ■ BlackBerry
 ■ Others



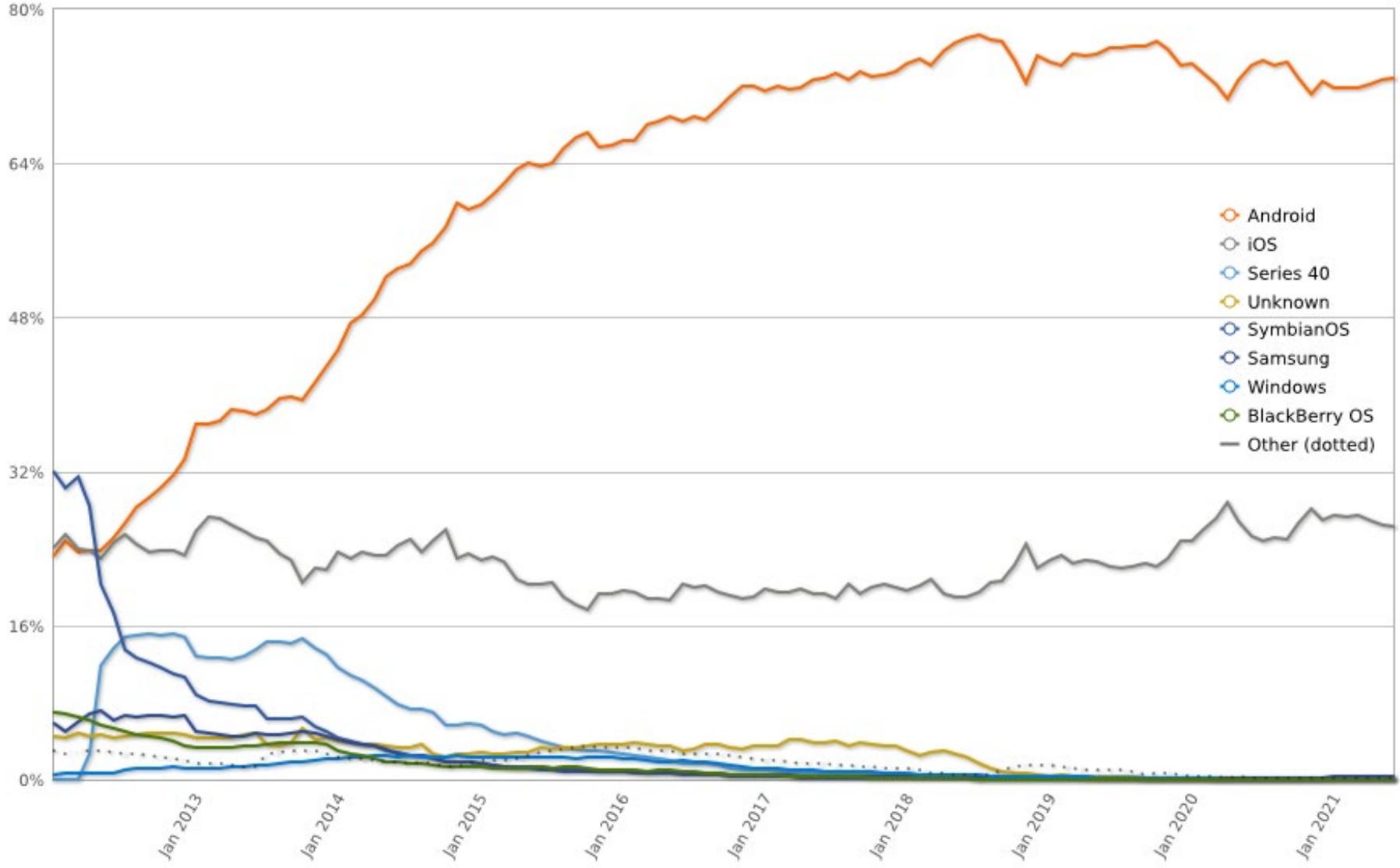
@StatistaCharts Source: IDC

statista

<http://www.statista.com/chart/3464/mobile-browsing-market-share/>

MARKTKONSOLIDIERUNG

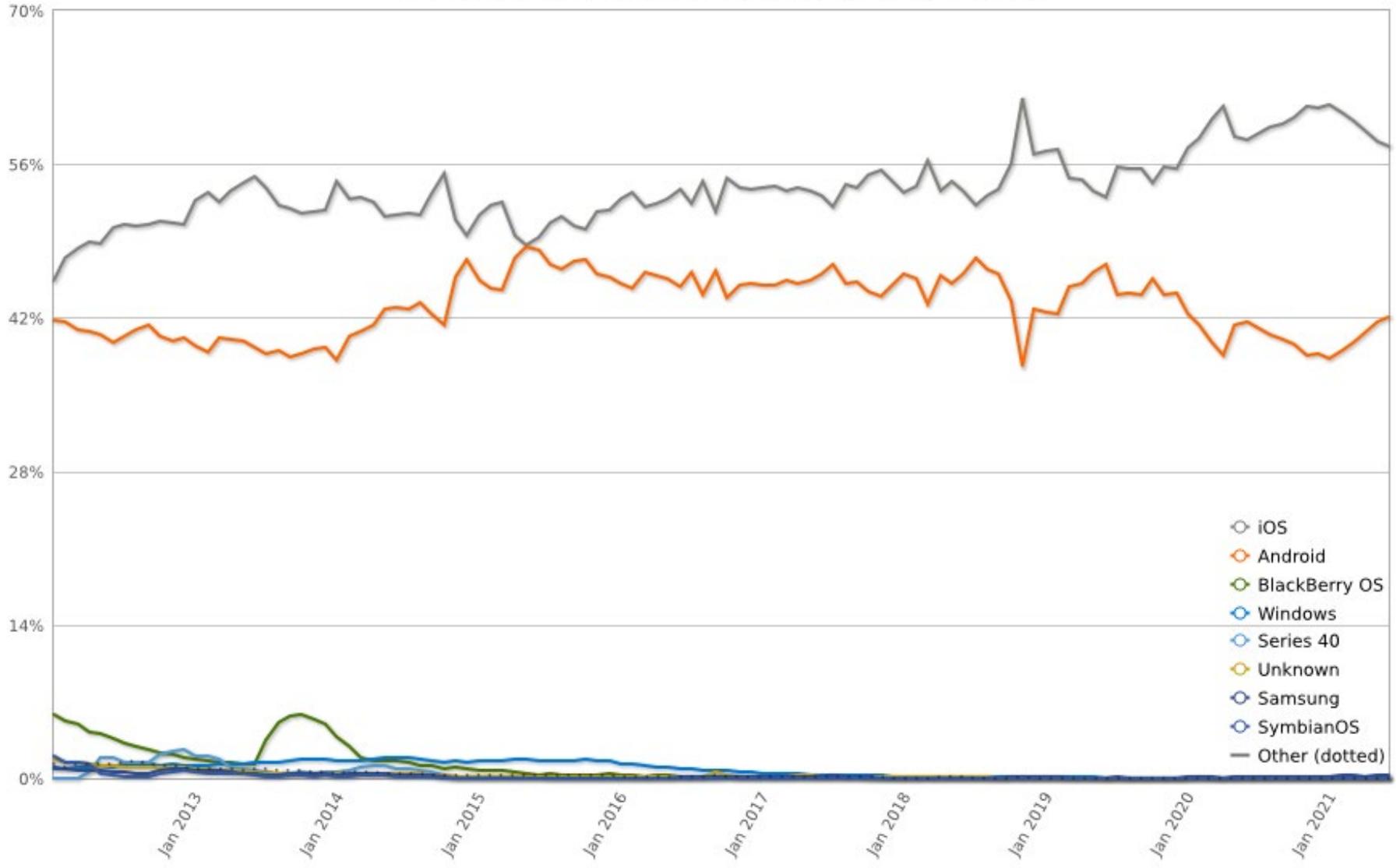
StatCounter Global Stats Top 8 Mobile OSs from Jan 2012 - June 2021



<http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>

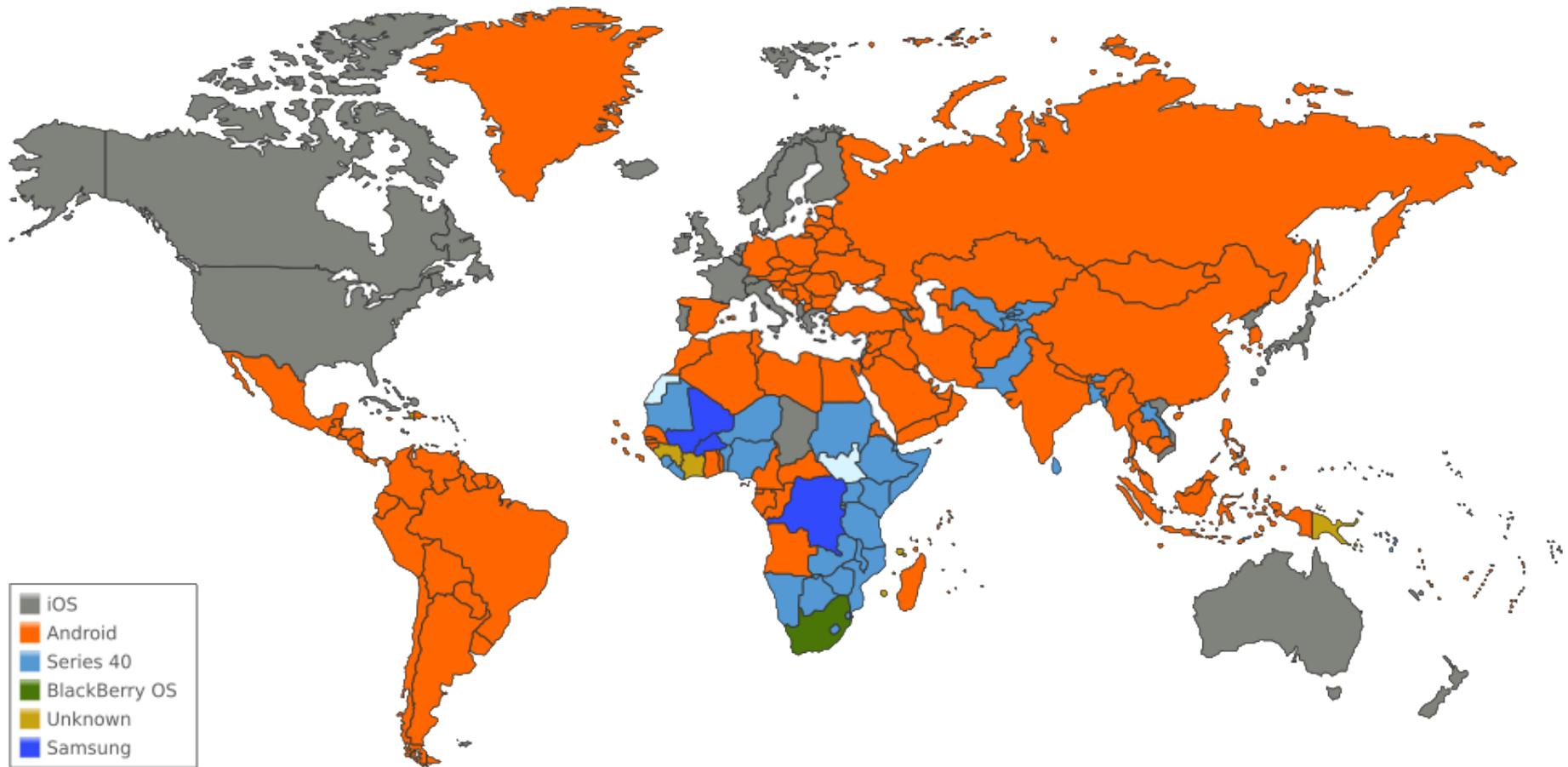
MARKTKONSOLIDIERUNG

StatCounter Global Stats Top 8 Mobile OSs in the United States from Jan 2012 - June 2021



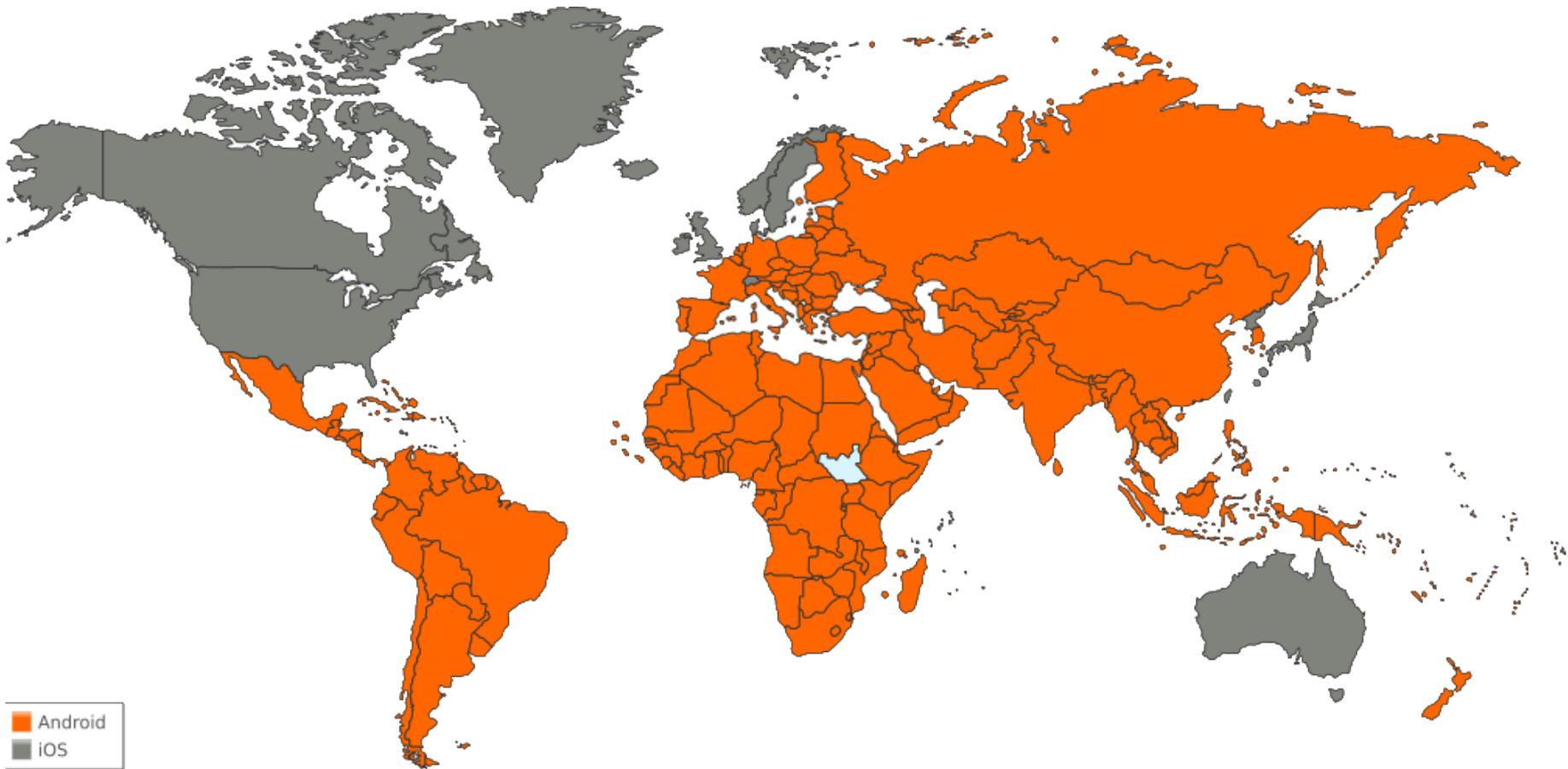
http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/united-states-of-america

MARKTKONSOLIDIERUNG: Q4/2013



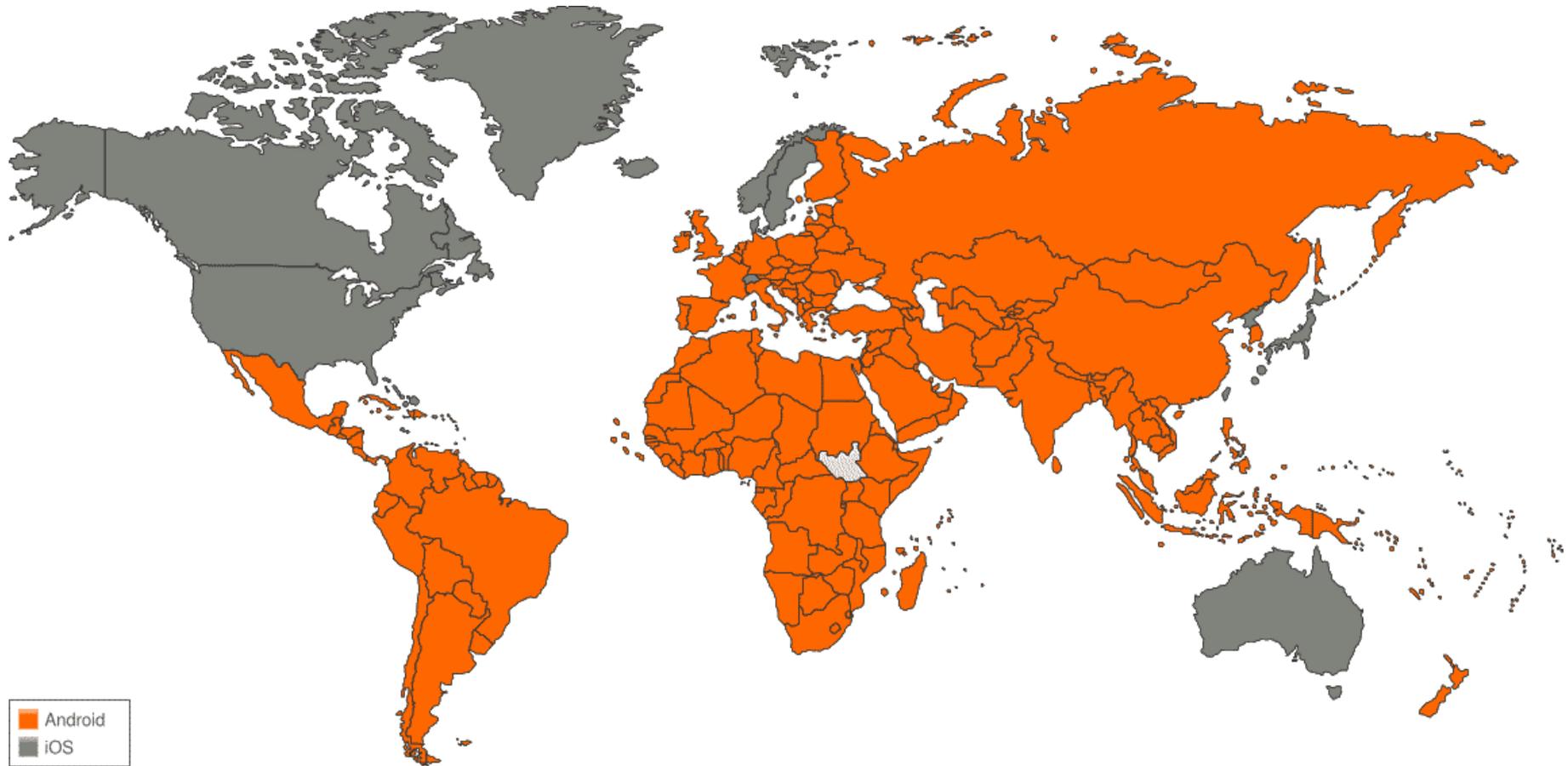
<http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile-tablet/worldwide/#monthly-201310-201312-map>

MARKTKONSOLIDIERUNG: Q4/2021



<https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile-tablet/worldwide/#monthly-202110-202112-map>

MARKTKONSOLIDIERUNG: Q1/2025



<https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile-tablet/worldwide/#monthly-202501-202504-map>

HERAUSFORDERUNGEN IM FORMFAKTOR

Heterogenität in

- begrenzten Ressourcen
 - Energie(verbrauch), Speicher(verbrauch), Prozessorgeschwindigkeit
 - verfügbare Peripheriegeräte (insbesondere Sensoren)
- Ein-/Ausgabegeräten
 - Eingabe: Tastatur, Ziffernblock, Stift, Sprache, ...
 - Ausgabe: Bildschirmgröße, Auflösung, Farbraum, GUI-Vorgaben, ...
- Software(abstraktion)
 - Betriebssystem
 - Geräteplattform
 - Browser und unterstützte Medienformate

ENERGIE(VERBRAUCH)

- entkoppelte Energiequellen ermöglichen Mobilität
→ Energievorrat ist aber *begrenzt!*
- Hauptenergieverbraucher:
 - Bildschirm, insbesondere beleuchtete
 - Kommunikation, insbesondere WLAN
 - Berechnungen, insbesondere CPU- und Speicher-lastige

⇒ *Energiebewusstsein ist Schlüssel zur mobilen App*

INTERAKTIONSMÖGLICHKEITEN

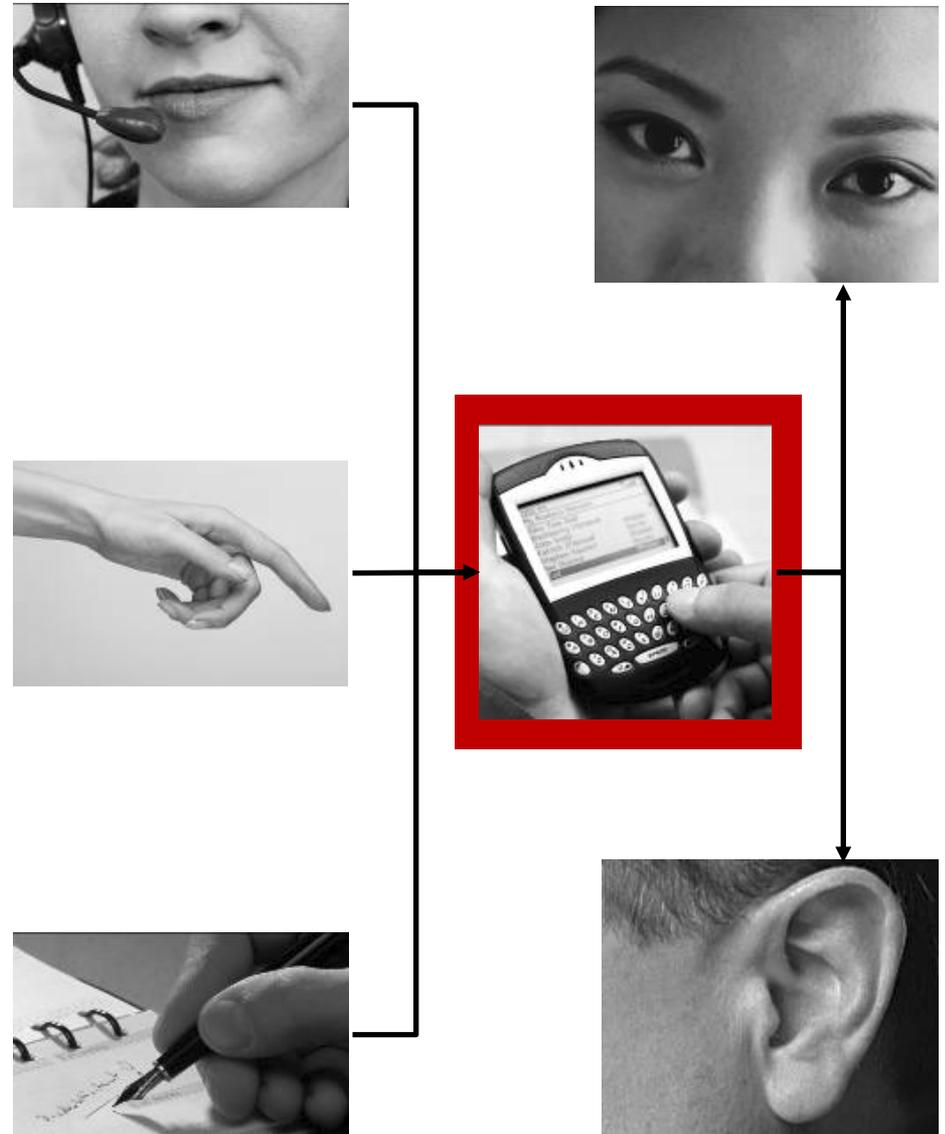
- Berührungen (Touch)
- Stift
- Pfeiltasten
- Maus
- Trackball
- Trackpoint
- Bildschirmtastatur
- physische, vollwertige Tastatur
- physische, eingeschränkte Tastatur
- Nummernblock
- Buchstabenerkennung



MULTIMODALE EINGABEN

Multimodalität

- parallele, sequentielle oder alternierende Nutzung verschiedener Modalitäten (optisch, akustisch, haptisch)
- natürlichere Interaktionen zwischen Mensch und Computer → HCI
- Einsatz kann an Aufgaben angepasst und optimiert werden
- hängt von Umgebung ab
 - verfügbare Modalitäten
 - Geräuschpegel
 - Helligkeit
 - Nutzeraktivität





Zusammenfassung

KONNEKTIVITÄTSHERAUSFORDERUNG

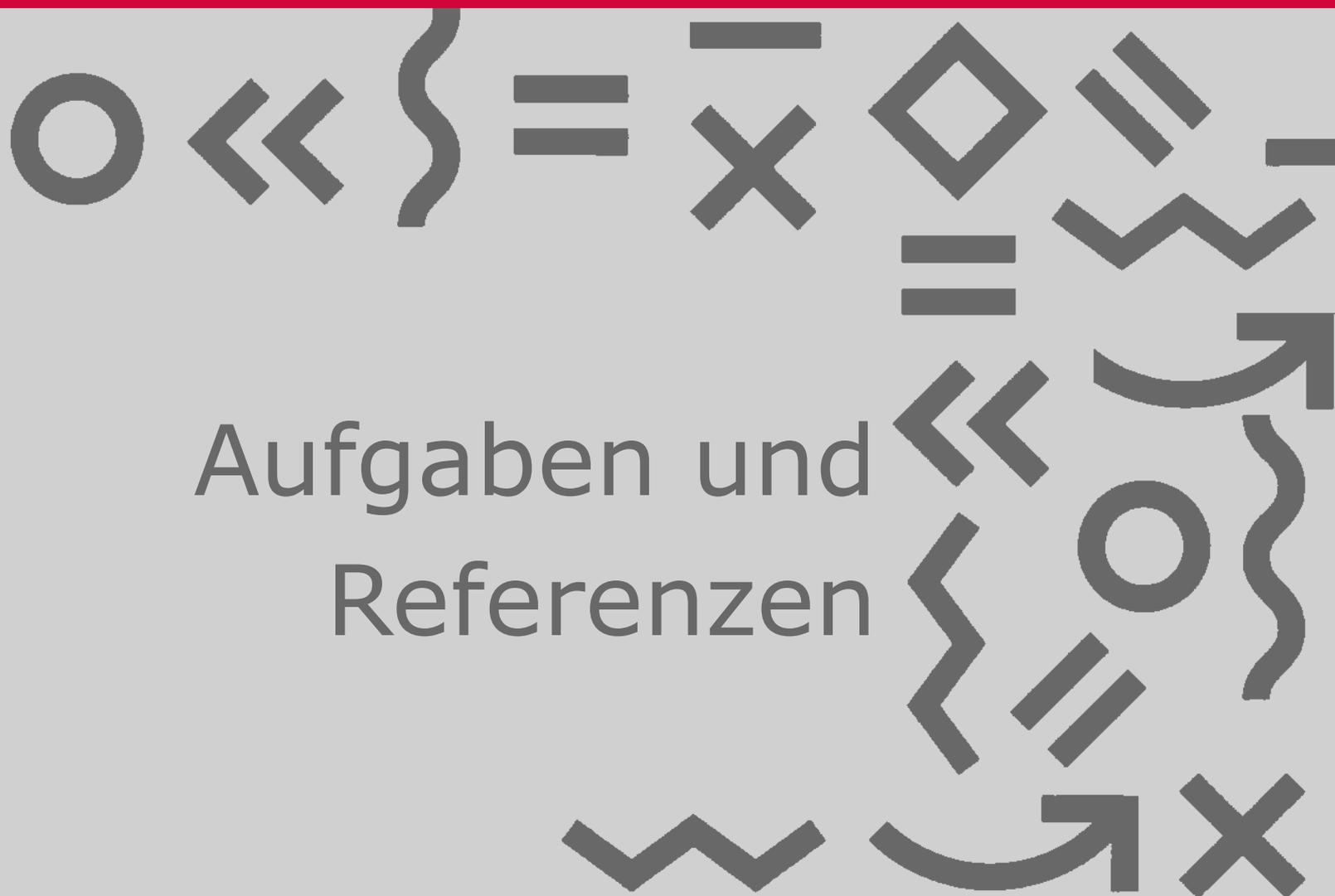
- Netzzugangsmethoden
 - sind heterogen (Technologien, Frequenzen, Bandbreiten, Verzögerungen, Jitter, Fehlerraten, Kosten, ...)
 - haben begrenzte Abdeckung
 - können nur zeitabhängig verfügbar sein
 - sind für unterschiedliche Anwendungsfälle gemacht
 - GSM: mobile Sprachkommunikation
 - UMTS: mobile Sprachkommunikation und mobiler Datenaustausch
 - LTE: mobiler Datenaustausch
 - IEEE 802.11: drahtloser Zugang zum LAN
 - Bluetooth: drahtlose Anbindung von Peripheriegeräten
- systemische Probleme ggü. drahtgebundener Kommunikation
 - mehr Interferenzen und höhere Fehleranfälligkeit
 - begrenzte Bandbreite und Abdeckung
 - Sicherheit

OFFLINE-PHASEN-HERAUSFORDERUNG

- unterschiedliche Gründe für Phasen der Netztrennung
 - vorhersehbare
 - Energieeinsparung
 - Kommunikationskosten
 - Lokalität
 - unvorhersehbare
 - nicht abgedeckte Regionen
 - Serverausfall
 - Netzwerküberfüllung
- Daten- und Dienstverfügbarkeit
 - Funktionalität soll unterbrechungsfrei weiter gegeben sein (transparente Netztrennung)
 - Nachverfolgung von Datenerstellung und -änderung
 - Synchronisierung mit Backend und Konfliktbeseitigung

USABILITY-HERAUSFORDERUNG

- spezieller Formfaktor mobiler Geräte
- hoch dynamische Umgebung
 - Applikationsmobilität von Nutzern und Geräten
 - Änderung von Geräten und Verbindungen während der Laufzeit
 - sequentielle und parallele Nutzung unterschiedlicher Ein- und Ausgabegeräte
- heterogene Nutzeranforderungen → Personalisierung
- heterogene Nutzungsszenarien
 - unterschiedliche Aufgaben und Rollen
 - veränderliche Lokation und Lokalität
- variable Ein- und Ausgabemodalitäten
- neue Formen der Interaktion



Aufgaben und Referenzen

AUFGABEN

- Diskutieren Sie mit Ihren Kommilitonen die Herausforderungen mobiler Applikationen.
 - Was kann man als Entwickler beeinflussen?
 - Was kann man als Entwickler beim Entwurf minimieren?
- Diskutieren Sie mit Ihren Kommilitonen, was mehr Energie verbraucht: Mobilfunk oder WLAN. – Begründen Sie umfangreich!
- Diskutieren Sie mit Ihren Kommilitonen die Herausforderungen drahtloser Netzwerktechnologien, insbesondere der Mobilfunknetze.
- Diskutieren Sie mit Ihren Kommilitonen multimodale Eingabestrategien. Wie/Wann würden Sie die unterschiedlichen Strategien einsetzen?

REFERENZEN

George H. Forman, John Zahorjan: The Challenges of Mobile Computing. IEEE Computer, Volume 27, Issue 4, April 1994

M. Satyanarayanan: Pervasive Computing: Vision and Challenges. IEEE Personal Communications, Volume: 8, Issue: 4, 2001

Weiser, M., Brown, J. S.: The Coming Age of Calm Technology. Revised version of: Weiser & Brown. "Designing Calm Technology", PowerGrid Journal, v 1.01, <http://powergrid.electriciti.com/1.01> (July 1996)

Friedemann Mattern: State of the Art and Future Trends in Distributed Systems and Ubiquitous Computing.

<http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/DisSysUbiCompReport.html>