



# Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme

## Kapitel 1: Einführung und Motivation

Trends, Internet, Nutzer, Leitbeispiel, Literatur

Prof. Dr.-Ing. Georg Carle  
Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste  
Technische Universität München  
[carle@net.in.tum.de](mailto:carle@net.in.tum.de)  
<http://www.net.in.tum.de>





- ❑ Studium Elektrotechnik, Universität Stuttgart
- ❑ Master of Science in Digital Systems, Brunel University, London, U.K. (Master Thesis bei General Electric Corporation, Hirst Research Centre, London)
- ❑ Projekt bei Telecom Paris - Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications (ENST), Paris
- ❑ Promotion in Informatik an der Universität Karlsruhe, am Institut für Telematik; Stipendium im Graduiertenkolleg 'Beherrschbarkeit komplexer Systeme'
- ❑ Postdoktorand am Institut Eurecom, Sophia Antipolis, France
- ❑ Fraunhofer Institut FOKUS (GMD FOKUS), Berlin  
Leiter des Competence Center Global Networking
- ❑ Universität Tübingen, Lehrstuhl für Rechnernetze und Internet
- ❑ Seit 1. April 2008: Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste, TU München



## □ Vorlesung

- Mittwochs 14:15-15:45 Uhr, MW 2001
- Donnerstags 8:30-10:00 Uhr, MI HS 1
- 3SWS Vorlesung ⇒ Genauer Plan der Vorlesung auf Webseite (voraussichtlich ab 14. Mai Donnerstags alle zwei Wochen keine Vorlesung)

## □ Übung

- Anmeldung über Grundstudiumstool (ab Do 12 Uhr möglich)
- Übungsgruppenorganisation durch Herrn Marc-Oliver Pahl <pahl@net.in.tum.de>

## □ Fragen / Sprechstunde

- Prof. Dr.-Ing. Georg Carle
  - Nach der Vorlesung
  - Sprechstunde: Zunächst Donnerstag 11-12 Uhr Raum 03.05.054 nach Voranmeldung, bzw. nach Vereinbarung
- Dipl.-Inform. Marc-Oliver Pahl; Dipl.-Ing. Gerhard Münz
- E-mail-Liste für Fragen: rns@net.in.tum.de

## □ Aktuelles

- Wird auf der Vorlesungs-Webseite bekanntgegeben:  
<http://www.net.in.tum.de/de/lehre/ss09/vorlesungen/vorlesung-rechnernetze-und-verteilte-systeme/>

## □ Handouts

- Die Folien können von der Vorlesungswebseite heruntergeladen werden



**Gerhard Münz**

[muenz@net.in.tum.de](mailto:muenz@net.in.tum.de)

**Marc-Oliver Pahl**

[pahl@net.in.tum.de](mailto:pahl@net.in.tum.de)





- ❑ **Nehmen Sie an der Übung Teil!**

Ohne Übung werden Sie deutlich weniger von der Vorlesung mitnehmen.

- ❑ **Wöchentlich** ein Übungsblatt.

<http://www.net.in.tum.de/de/lehre/ss09/vorlesungen/vorlesung-rechnernetze-und-verteilte-systeme/>

- ❑ Eine Woche Bearbeitungszeit.

- ❑ **Abgabe** jeweils am **Mittwoch vor** der **Vorlesung** in die entsprechend bereitgestellten Mappen.

- ❑ **Keine elektronischen Abgaben.**



□ <http://www.net.in.tum.de/de/lehre/ss09/vorlesungen/vorlesung-rechnernetze-und-verteilte-systeme/>

**Vorlesung Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme**

**Modul** Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme (IN0010)

**Vorlesung** Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme

**Dozent** Prof. Carle

**SWS** 3V + 2Ü

**ECTS Credits** 6.0

**Termine**  
Vorlesung: Mi 14:00-16:00 MW0001 von 22.04.2009 bis 22.07.2009 wöchentlich  
Do 8:00-10:00 MI HS 1 von 23.04.2009 bis 23.07.2009 wöchentlich  
Tutorien: wöchentlich  
Klausur: voraussichtlich am 28.07.2009

**Inhalt**  
In der Vorlesung werden grundlegende Mechanismen in Rechnernetzen behandelt. Ausgehend von Anwendungen auf den oberen Schichten des ISO/OSI-Modells wird immer weiter in Richtung der physikalischen Schicht vorgegangen.  
Stichpunkte sind: Anwendungsorientierte Protokolle und Mechanismen, Verkehrssteuerung, Transportprotokolle, Routing-Protokolle, Wegwahlverfahren, Vermittlungsprinzipien, Direktverbindungsnetze, Stützbergungsschicht, Nachrichtentechnik, Begriffswelt und Standards, Verteilte Systeme, Netzsicherheit.

**Anmeldung** Die Anmeldung zur Vorlesung erfolgt über das Grundstudiumstool.

**Folien**

Datum	Thema
...	....
...	....
...	....
...	....

**Übungen** Informationen zu den Übungen entnehmen Sie bitte diesem Übersichtsblatt.

	Abgabe	Besprechung
Übungsblatt 1	29.04.2009	04.-08.05.2009
Übungsblatt 2	06.05.2009	11.-15.05.2009
Übungsblatt 3	13.05.2009	18.-22.05.2009
Übungsblatt 4	20.05.2009	25.-29.05.2009
Übungsblatt 5	27.05.2009	01.-05.06.2009
Übungsblatt 6	03.06.2009	08.-12.06.2009
Übungsblatt 7	10.06.2009	15.-19.06.2009
Übungsblatt 8	17.06.2009	22.-26.06.2009
Übungsblatt 9	24.06.2009	29.06.-03.07.2009
Übungsblatt 10	01.07.2009	06.-10.07.2009
Übungsblatt 11	08.07.2009	13.-17.07.2009

□ Vorlesungsfolien

□ Übungsblätter



# Anmeldung zur Vorlesung

□ <http://grundstudium.in.tum.de>



Fakultät für Informatik  
der Technischen Universität München



Übungsbetrieb-/Grundstudiumstool

Benutzer: pahlm

WS\_2003/04 SS\_2004 WS\_2004/05 SS\_2005 WS\_2005/06 SS\_2006 WS\_2006/07 SS\_2007 WS\_2007/08 SS\_2008 WS\_2008/09 SS\_2009

**Allgemein**  
[Home](#)  
[Druckansicht](#)  
[Javascript aktivieren](#)  
[Technische Probleme melden](#)  
**Korrektor**  
**Übungsleitung**  
**Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme, SS\_2009**  
**Aufgaben**  
[Blätter](#)  
[Sichtbarkeit](#)  
[Aufgaben](#)  
[Bearbeitungsstand](#)  
**Gruppen/Termine**  
[Status](#)  
[Gruppen und Termine](#)  
[Tutoren und Gruppen](#)  
[Studentenleistung](#)  
[Studentenleistung nach Gruppen](#)  
**Personen**  
[Übungsleitung](#)  
[Tutorenteam](#)  
[Studenten](#)  
[Mail an Vorlesungsteilnehmer](#)  
[Mail an Tutoren](#)  
[Vorlesungsdaten ändern](#)  
[Klausurorganisation](#)  
**Besucher**  
[Anmeldung als Student](#)  
[Technische Probleme](#)

## Anmeldung als Student

Sie können sich hier als Student neu anmelden. Dies ist insbesondere für die Nutzung der weiteren Funktionalität, wie Anmelden zu Vorlesungen, notwendig.

Bitte geben Sie Ihre persönlichen Daten ein. Achten Sie darauf, dass Ihre Angaben korrekt sind. Ein Ändern ist vorerst nicht möglich.

Vorname

Name

Namensbestandteil (z.B. "von")  Optional

Titel (z.B. "Dr.")

Geburtsdatum Tag  Monat  Jahr

Geschlecht

Matrikelnummer

Studiengang

## An-/Abmelden

Sie können sich hier zu Veranstaltungen anmelden bzw. von Veranstaltungen wieder abmelden. Die Anmeldung für eine Veranstaltung ist eine Voraussetzung, um sich für die Übung einer Veranstaltung anmelden zu können.

Nebenfach (SNF=Sondernebenfach)  
Zusätzlich zu den obigen bekannt  
Haben Sie einen Laptop, den Sie mitbringen?

## Veranstaltungen, die im SS\_2009 über dieses System angeboten werden

Veranstaltung	Anmeldestatus	Aktion
Einführung in die Softwaretechnik, SS_2009	Nicht angemeldet	Anmelden zur Zeit nicht möglich
Grundlagen: Algorithmen und Datenstrukturen , SS_2009	Nicht angemeldet	<a href="#">Anmelden</a>
Einführung in die Theoretische Informatik (IN0011), SS_2009	Nicht angemeldet	<a href="#">Anmelden</a>
 Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme, SS_2009	Nicht angemeldet	<a href="#">Anmelden</a>
Diskrete Wahrscheinlichkeitstheorie, SS_2009	Nicht angemeldet	Anmelden zur Zeit nicht möglich



## □ Übungsanmeldung ab Donnerstag, **22.4.2009, 12:00 Uhr**

### Willkommen im Übungsbetrieb-/Grundstudiumstool an der Fakultät für Informatik!

Wenn Sie einen Javascript-fähigen Browser verwenden, empfehlen wir die [übersichtlichere und komfortablere javascriptbasierte Navigation](#).

Bitte nutzen Sie die Menüleiste, um die einzelnen Funktionen des Grundstudiumstools aufzurufen.

Sie sehen hier Informationen zu allen Veranstaltungen/Übungen, für die Sie angemeldet sind. Sie können sich darüberhinaus für [weitere Veranstaltungen an- bzw. von Veranstaltungen wieder abmelden](#) sowie ihre [persönlichen Daten einsehen bzw. ändern](#).

Im SS\_2009 sind Sie für hier verwaltete Veranstaltungen wie folgt angemeldet:

#### Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme, SS\_2009

Website: <http://www.net.in.tum.de/en/teaching/ss09/lectures/vorlesung-rechnernetze-und-ve>

Übung: Übung zu Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme, SS\_2009

Übungsleitung: [Pahl, Marc-Oliver](#)

[Münz, Gerhard](#)

Gruppe: Sie haben keine Terminwünsche für eine Übungsgruppe abgegeben.  
Sie können ihre **Wunschtermine hier angeben..**

#### An-/Abmelden

Übung zu Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme, SS\_2009

Geben Sie bitte Ihre Wünsche bezüglich des Termins für ihre Übungsgruppe ein. Legen Sie dazu eine 1., 2. und 3. Wahl fest. Ihre Wünsche werden in dieser Reihenfolge berücksichtigt. Jeder Termin darf natürlich nur einmal gewählt werden.

Termin	1. Wahl	2. Wahl	3. Wahl
Mo. 12-14 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mo. 14-16 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Di. 10-12 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Di. 12-14 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Do. 10-12 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Do. 12-14 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Do. 14-16 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Do. 16-18 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fr. 10-12 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fr. 12-14 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Di. 14-16 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Di. 16-18 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mi. 10-12 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mi. 12-14 Uhr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>





# Übungsmodalitäten (Bonus)

- Bei erfolgreicher Teilnahme an den Übungen erhalten Sie bei *bestandener* Klausur einen **Notenbonus von 0,3 Notenpunkten** bei der Scheinklausur. Ihre Übungen gelten als erfolgreich bestanden, wenn Sie
  - in den Tutorien anwesend waren (**Anwesenheitsliste**).
  - mindestens eine Aufgabe richtig **an der Tafel vorgerechnet** haben
    - Sie können sich dazu freiwillig in der Übung melden. Sollte sich niemand bereit finden, vorzurechnen, so sind die Tutoren angehalten, jemanden auszuwählen. Sehen Sie das Vorrechnen als gute Übung für sich, etwas zu präsentieren!
  - mindestens **70% der möglichen Übungspunkte** erreicht haben.
  - das **letzte Blatt** abgegeben haben.



## Teamarbeit in Zweierteams ist erwünscht und empfohlen!

- Teampartner suchen
- Mit der Bearbeitung von Blatt 1 beginnen. Dieses...



- ❑ ...befindet sich auf der Website
- ❑ ...erfordert ggf. ein wenig Nachlesen in der angegebenen Literatur oder im Web.
- ❑ ...ist abzugeben am 29.4.2009 vor der Vorlesung physikalisch nicht elektronisch.
- ❑ ...wird besprochen in den ersten Tutorien in der Woche vom 4.5.-8.5.2009.



- Findet statt am **28.7.2009** (= erste Woche der vorlesungsfreien Zeit) genaueres wird bekannt gegeben, sobald wir es wissen.
- Die Tutorien in der Woche vom 20. bis zum 24.07.2009 sind speziell dafür da, eventuell beim Lernen aufgekommene Fragen noch vor der Klausur zu klären.
- Nutzen Sie die **Tutorien**, um neben der Übungsblattbesprechung eventuelle **Fragen zu Vorlesungsinhalten** mit Ihrem Tutor und Ihren Kommilitonen zu klären.
- Bei Fragen, die sich auf diese Weise nicht klären lassen, erreichen Sie die Vorlesungsverantwortlichen unter der Sammeladresse **[rnvs@net.in.tum.de](mailto:rnvs@net.in.tum.de)**



# Acknowledgements

- Die vorliegenden Unterlagen sind im Laufe mehrerer Vorlesungen an den Universitäten Karlsruhe (Prof. Krüger, Prof. Juling, Prof. Zitterbart), Kiel (Prof. Schiller), Braunschweig (Prof. Zitterbart), FU Berlin (Prof. Schiller), Bern (Prof. Braun) entstanden. Zusätzliche Inhalte stammen von Vorlesungen an der Universität Paderborn (Prof. Karl), der Kansas University (Prof. Sterbenz) und der Universität Tübingen (Prof. Küchlin).

Die Vorlesungsunterlagen beinhalten auch Material diverser Firmenveröffentlichungen, Internet-Quellen etc. Zahlreiche Autoren haben hierzu beigetragen, welche im Einzelnen gar nicht mehr alle genannt werden können. Daher ohne Namensnennung ein großer Dank an alle, die im Laufe der Jahre etwas zu diesen Folien beigetragen haben!

- Bei Fragen, Anregungen, Kommentaren zu diesen Folien bitte eine Email an [carle@net.in.tum.de](mailto:carle@net.in.tum.de) !



# Grundlegende Bücher für diese Vorlesung

## □ Andrew S. Tanenbaum:



- *Computer Networks*  
Prentice-Hall, **4th edition** 2003  
ISBN-10: 0130661023, 80 €

- ( Wurde - nicht fehlerfrei und z.T. eher schwer lesbar - auch ins Deutsche übersetzt:  
*Computernetzwerke*,  
Pearson Studium; 50 €, 4. Auflage 2003  
ISBN-10: 3827370469 )



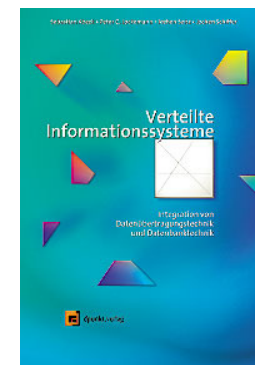
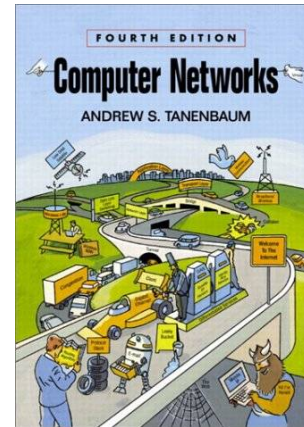
## □ Gerhard Krüger & Dietrich Reschke

### Reschke:

- *Lehr- und Übungsbuch Telematik* Fachbuchverlag  
Leipzig im Carl-Hanser-Verlag, 3. Auflage, 2004  
ISBN 3-446-22073-9, < 30 €
- gute Erläuterung von Teilen der Vorlesung

## □ Sebastian Abeck, Peter Lockemann, Jochen Seitz, Jochen Schiller

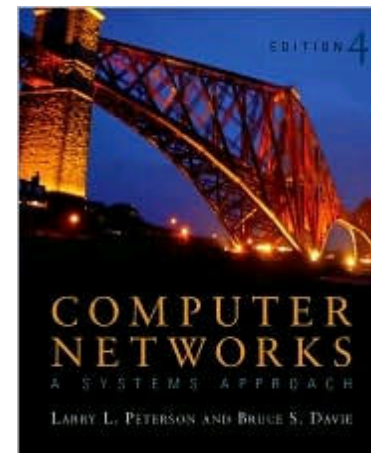
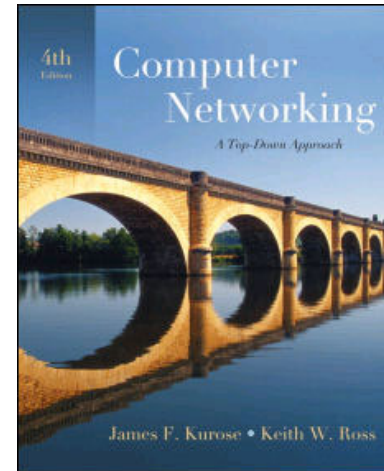
- *Verteilte Informationssysteme*  
dpunkt.verlag, 2002  
ISBN 978-3-89864-188-3, 49 €
- Stellt eine leicht zu lesende Erläuterung von Teilen der Vorlesung zur Verfügung





# Weitere empfehlenswerte Bücher

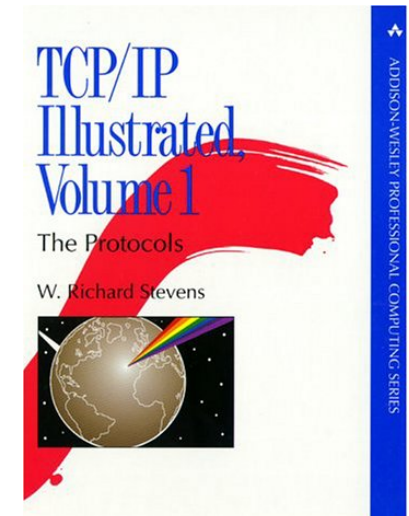
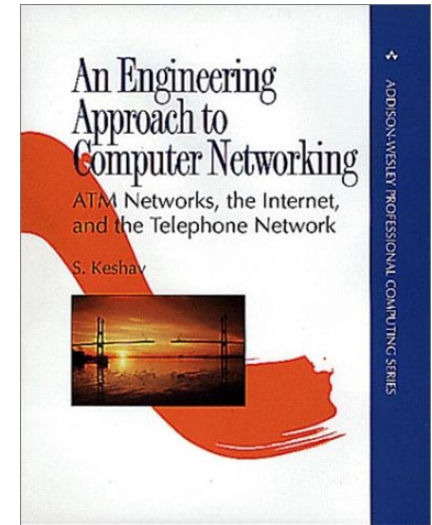
- J. F. Kurose & K. W. Ross, *Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet*, 2007, 4th edition, Addison Wesley
  - Innovation: Erläuterung der Protokolle Top-Down, beginnend mit der Anwendungsebene
  - Vorstellung von Schlüsselpersonen auf dem Gebiet Rechnernetze
  - **Deutsche Übersetzung: Computernetzwerke: Der Top-Down-Ansatz, Pearson Studium; 30/60 €, 4. Auflage 2008 ISBN-10: 3827373301**
  
- L. L. Peterson & B. S. Davie, *Computer Networks – A Systems Approach*, 2007, 4th edition, Morgan Kaufman
  - Technisch und fundiert
  - Zahlreiche Beispiele





# Weitere Buchempfehlungen

- S. Keshav: *An Engineering Approach to Computer Networking*. Addison-Wesley, 1999
  - Sehr gute quantitative Behandlung von Rechnernetzen
  - Erläutert zahlreiche Entwurfsentscheidungen
  
- W.R. Stevens: *TCP/IP Illustrated, Vol. 1- 3*, 1994, Addison-Wesley
  - Erläutert sehr detailliert die Implementierung von TCP/IP







## 1. Einführung und Motivation

- Bedeutung, Beispiele

## 2. Begriffswelt und Standards

- Dienst, Protokoll, Standardisierung

## 3. Direktverbindungsnetze

- Fehlererkennung, Protokolle
- Ethernet

## 4. Vermittlung

- Vermittlungsprinzipien
- Wegwahlverfahren

## 5. Internet-Protokolle

- IP, ARP, DHCP, ICMP
- Routing-Protokolle

## 6. Transportprotokolle

- UDP, TCP

## 7. Verkehrssteuerung

- Kriterien, Mechanismen
- Verkehrssteuerung im Internet

## 8. Anwendungsorientierte Protokolle und Mechanismen

- Netzmanagement
- DNS, SMTP, HTTP

## 9. Verteilte Systeme

- Middleware
- RPC, RMI
- Web Services

## 10. Netzsicherheit

- Kryptographische Mechanismen und Dienste
- Protokolle mit sicheren Diensten: IPSec etc.
- Firewalls, Intrusion Detection

## 11. Nachrichtentechnik

- Daten, Signal, Medien, Physik

## 12. Bitübertragungsschicht

- Codierung
- Modems





# Entwurfsprinzipien für Telekommunikationssysteme (Schalttechnik leicht gemacht, Beispiel Beirut)

Ziel: transparente Kabelführung gemäß Struktur des Netzes

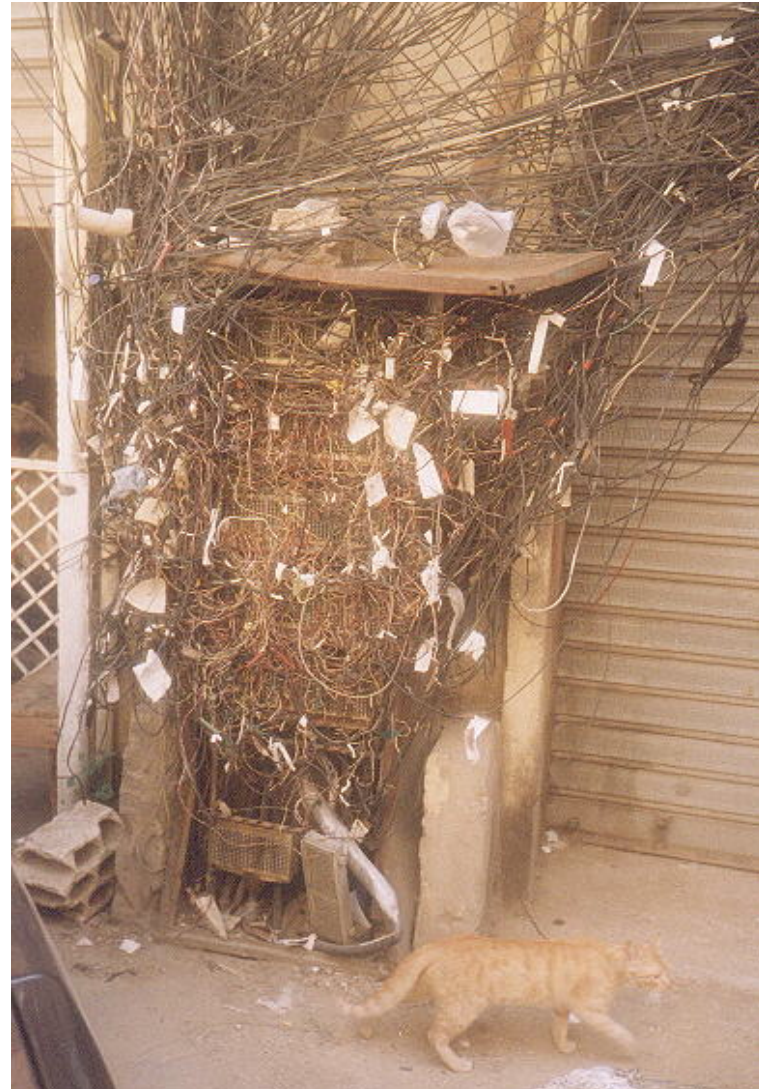




# Schaltechnik leicht gemacht, Beispiel Beirut

Ziele:

- Präzise Dokumentation an jeder Leitung, um schnellen Zugriff auf jeden Anschluss zu gewährleisten.
- Bauweise des Gehäuses schützt Technik und verhindert Manipulation.







# Schaltechnik leicht gemacht, Beispiel Beirut

Ziel: straffe Schaltdrahtführung und Übersichtlichkeit erleichtert Reparaturen.





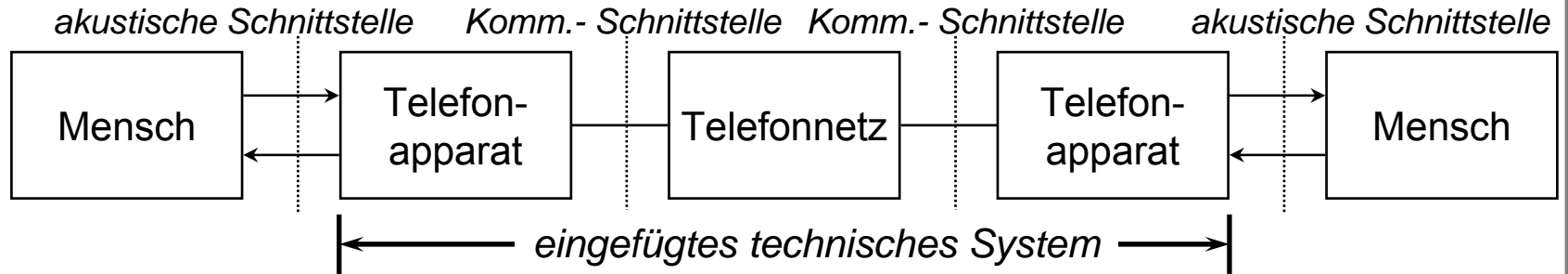
# Historie: Kommunikationstechnologien

<i>Jahr</i>	<i>Innovation</i>	<i>Leistung</i>
1840	Morse-Telegraf	Elektronischer Nachrichtenaustausch über größere Distanzen
1861	Telefon (Reiss)	Sprachkommunikation (unidirektional) über über größere Distanzen
1876	Telefon (Bell)	Patentierung des Telefons (bidirektional)
1887	elektromagn. Wellen	Funktechnik
1892	Automatischer Drehwähler	Automatisierung der Telefonvermittlung (→ Ablösung des "Fräuleins vom Amt")
1923	Rundfunk	Massenkommunikation
1929	Koaxialkabel	Höhere Datenraten
1964	Nachrichtensatelliten	Grundlage für globale Kommunikation
1966	Glasfaser	extreme Steigerung der Datenraten
1969	ARPANET Knoten	Paketvermittlung
1973	Ethernet	Lokale Netze mit hohen Datenraten
1984	Deregulierung (USA)	Aufhebung des Fernmeldemonopols
1990	WWW	Architektur und Protokoll für Hypertext-Anwendung
1997	WDM ( <i>Wavelength Division Multiplex</i> )	Steigerung der Datenraten auf Glasfaserstrecken auf bis zu 1 Terabit/s (Tera = $10^{12}$ )



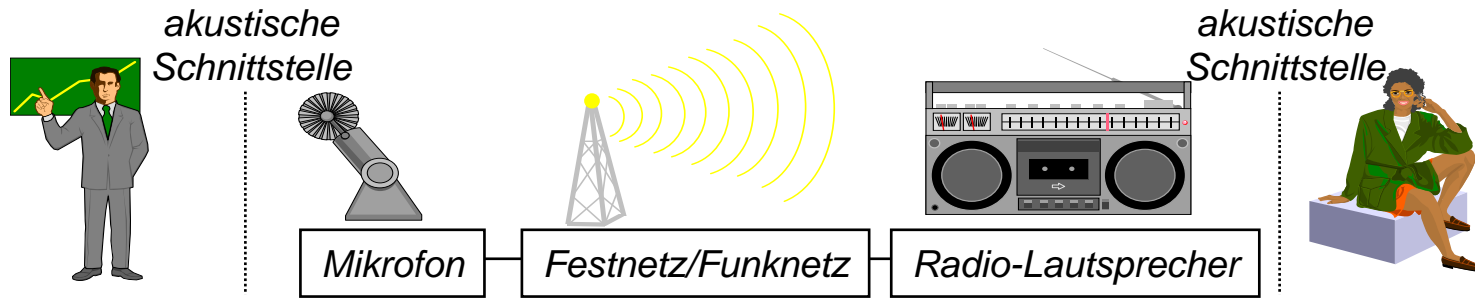
# Kommunikation mit technischer Mitteln - Telekommunikation

- Die klassische Nachrichtentechnik / Telekommunikationstechnik ist von der Sprachkommunikation (Telefon) geprägt - technisch und wirtschaftlich
- Menschen als Kommunikationspartner:



Modell einer Telefonkommunikation

⇒ Das technische System wird in den - ansonsten weitgehend unveränderten - Kommunikationsablauf eingefügt.



Modell einer Rundfunkkommunikation



- Digitale Telekommunikation
  - Digitalisierung aller Kommunikationsformen (Gesprochene Sprache, Musik, Text, Grafik, Festbild, Bewegtbild (z.B. Video), Technische Daten)
  - Ausrichtung auf Multimedia (Integration mehrerer Kommunikationsformen) vorzugsweise für den Menschen als Empfänger
  
- Grundlage: Computer-Computer-Kommunikation
  - Digitale Telekommunikation ist auf Mikroelektronik/Computer-Basis und durch Hard-/Software-Systeme realisiert.
  - Moderne Telekommunikationsnetze (unter Einschluss der Endgeräte) sind Computernetze (Computer Networks).



# Entwicklungstrend: Mobile Kommunikation

- „Jedermann, zu jeder Zeit, an jedem Ort (mit jeder Kommunikationsform)“

anybody, anytime, anywhere

- **Schrittmacherrolle: Mobiltelefonie**

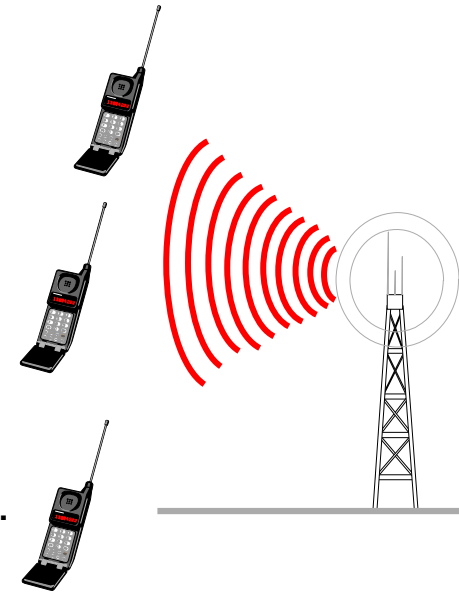
- derzeit bereits über 2 Milliarden Nutzer
- Festnetztelefonie bereits übertroffen
  - ebenso das „feste“ Internet
- hohe Kosten einer drahtgebundenen Anschlussinfrastruktur

- **Ziel:**

- Übertragung von Sprache, Daten, Audio, Video ...

- **Mobilitätsaspekte**

- Gerätemobilität (Standortwechsel des Geräts möglich)
- Benutzermobilität (Kommunikation von beliebigem Standort, z.T. über unterschiedliche Geräte)





# Mobile and Wireless Web Services – Always Best Connected

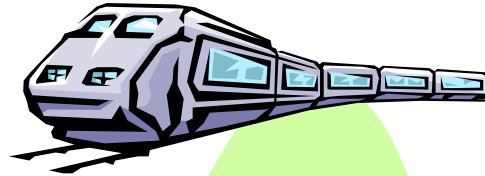
WLAN  
780 kbit/s



GSM 57 kbit/s  
Bluetooth 500 kbit/s



UMTS, GSM  
115 kbit/s



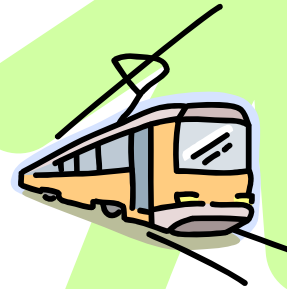
LAN  
100 Mbit/s,  
WLAN  
54 Mbit/s



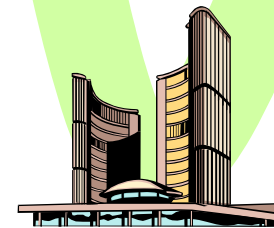
GSM 384 kbit/s,  
WLAN 780 kbit/s



GSM 115 kbit/s,  
WLAN 11 Mbit/s



UMTS,  
DECT  
2 Mbit/s



UMTS, GSM  
384 kbit/s





# Entwicklungstrend: Kommunikation von Geräten

## □ Heute:

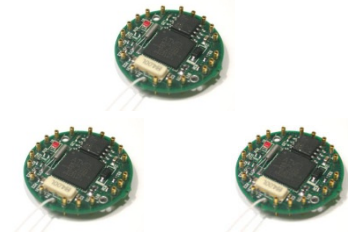
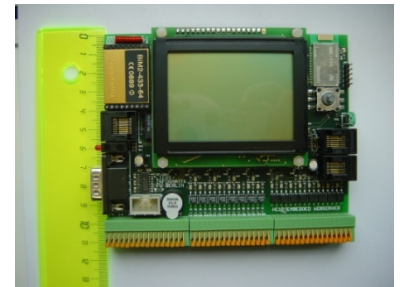
- Telekommunikation zwischen Menschen im Vordergrund

## □ Zukünftig:

- Technische Geräte / technische Systeme kommunikationsfähig  
„Internet of Things“

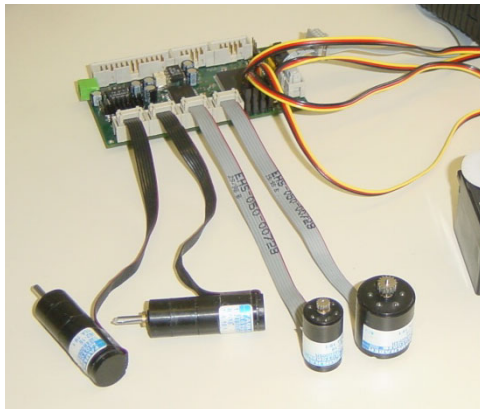
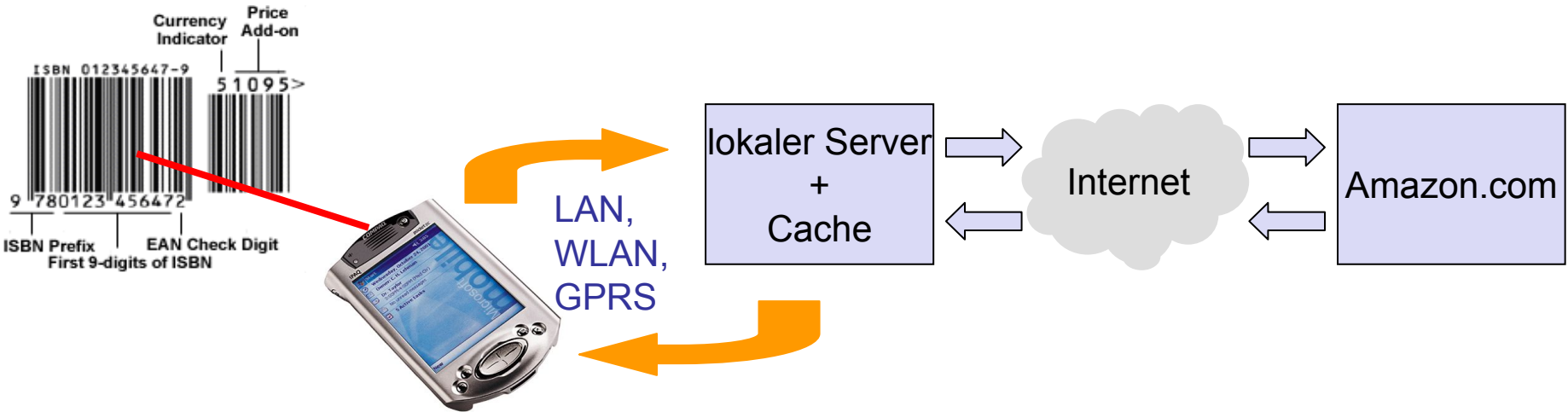
## □ Beispiele:

- Produktionseinrichtungen  
Tele-Diagnose, Tele-Wartung, Tele-Betrieb
- Kommunikation in/mit Fahrzeugen  
u.a. Verkehrstelematik
- Hausnetze  
Sicherheit, Haushaltsgeräte-Kommunikation, Heizungssteuerung, usw.
- Sensor-Netze  
häufig für Überwachungsaufgaben

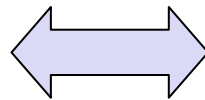




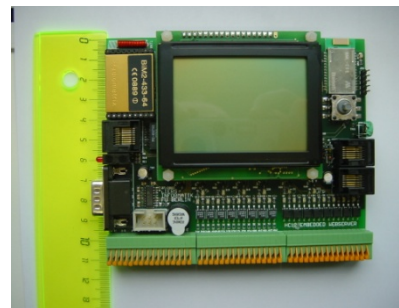
# Beispielszenarien



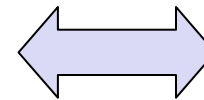
Industrielles Steuerungssystem



Funk,  
draht-  
gebunden



eingebetteter  
Web Server



GPRS,  
WLAN,  
...



Client



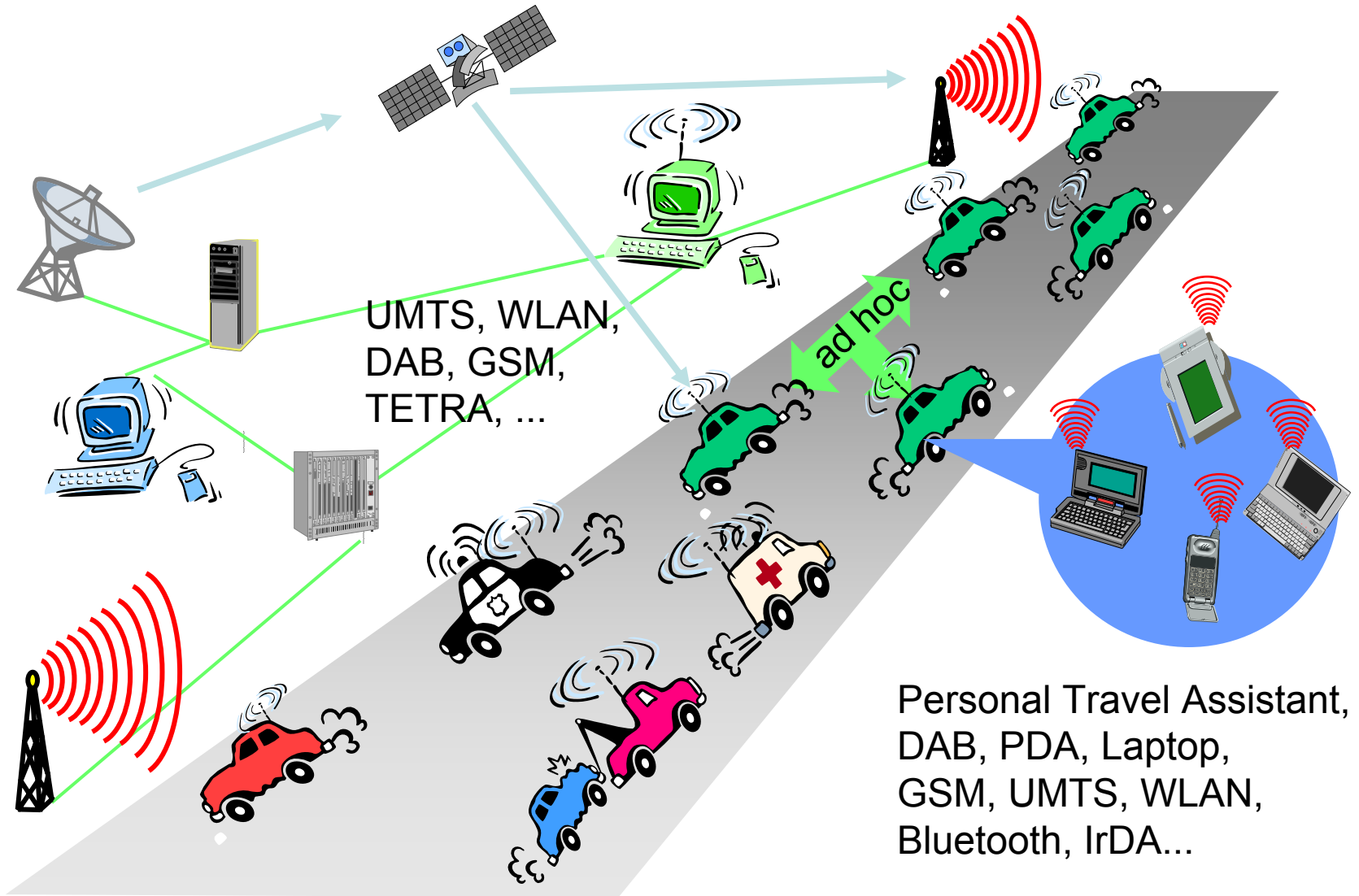
# Entwicklungstrend: Ubiquitäre Informationstechnologien

- ❑ Ubiquität („Allgegenwärtigkeit“):
  - Nichtgebundensein an einen Standort
  - Information als überall erhältliches Gut
  - ⇒ Information Technology (IT) beyond the PC
- ❑ Persönliche Technologien
  - Zugang zu IT-Diensten mit sich herumtragen
  - Beispiele: Persönliche Digitale Assistenten (PDAs), Wearable Devices
- ❑ Informationsumgebungen
  - Zugang zu IT-Diensten überall vorhanden
  - Beispiele: Intelligente, kommunikationsfähige Geräte/Systeme, Aktive Gebäude (cooperative buildings)
- ❑ Allgemeine Entwicklungstendenz
  - früher: Viele Menschen an einem Computer
  - heute: Ein Computer pro Person
  - bald: Viele Computer pro Person
- ❑ Ubiquitäre Unterstützung
  - wirkt im Hintergrund,
  - wird selbst aktiv,
  - (teil-)autonom von Menschen.





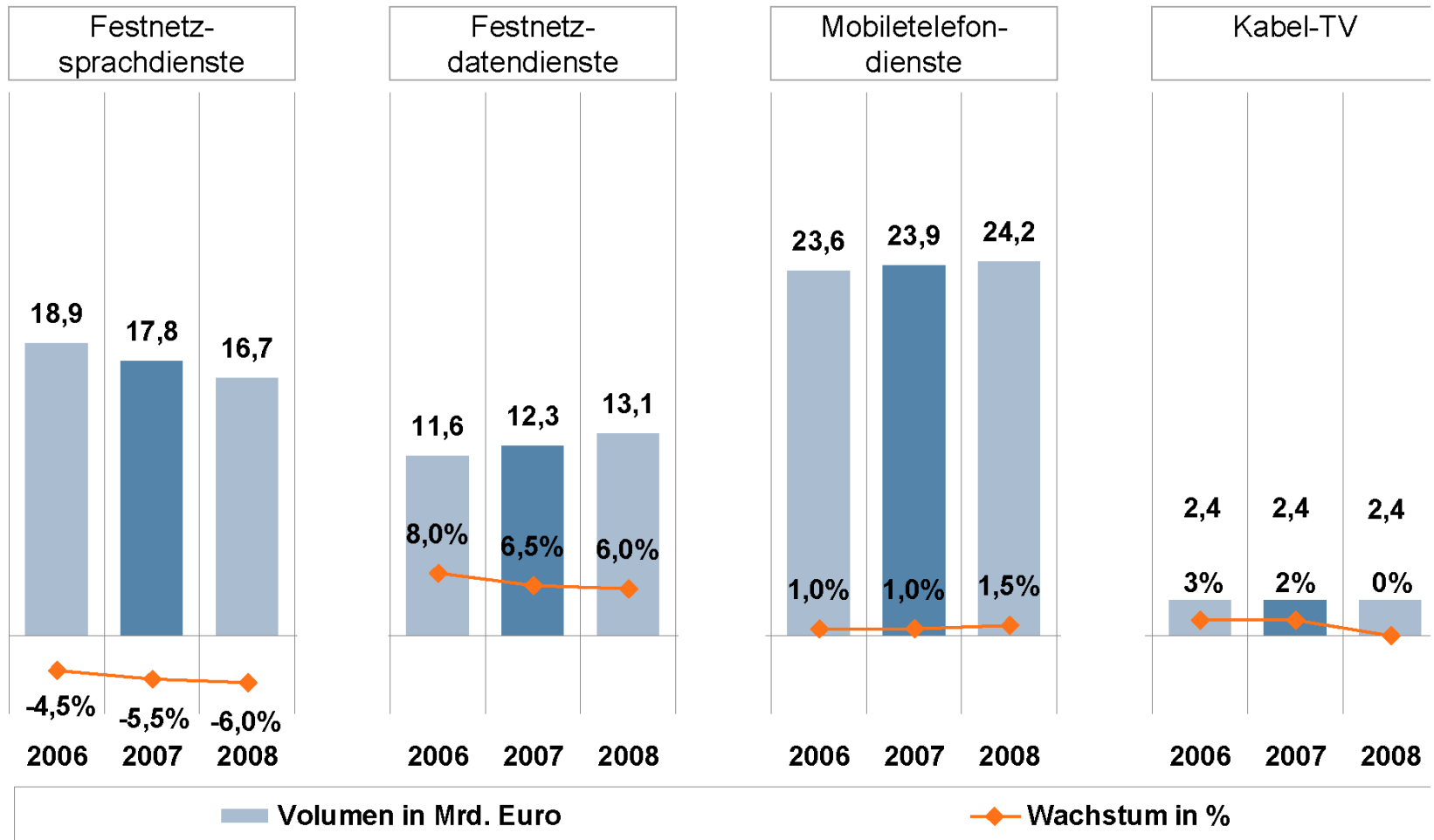
# Entwicklungstrends in der Übersicht





# Telekommunikationsdienste

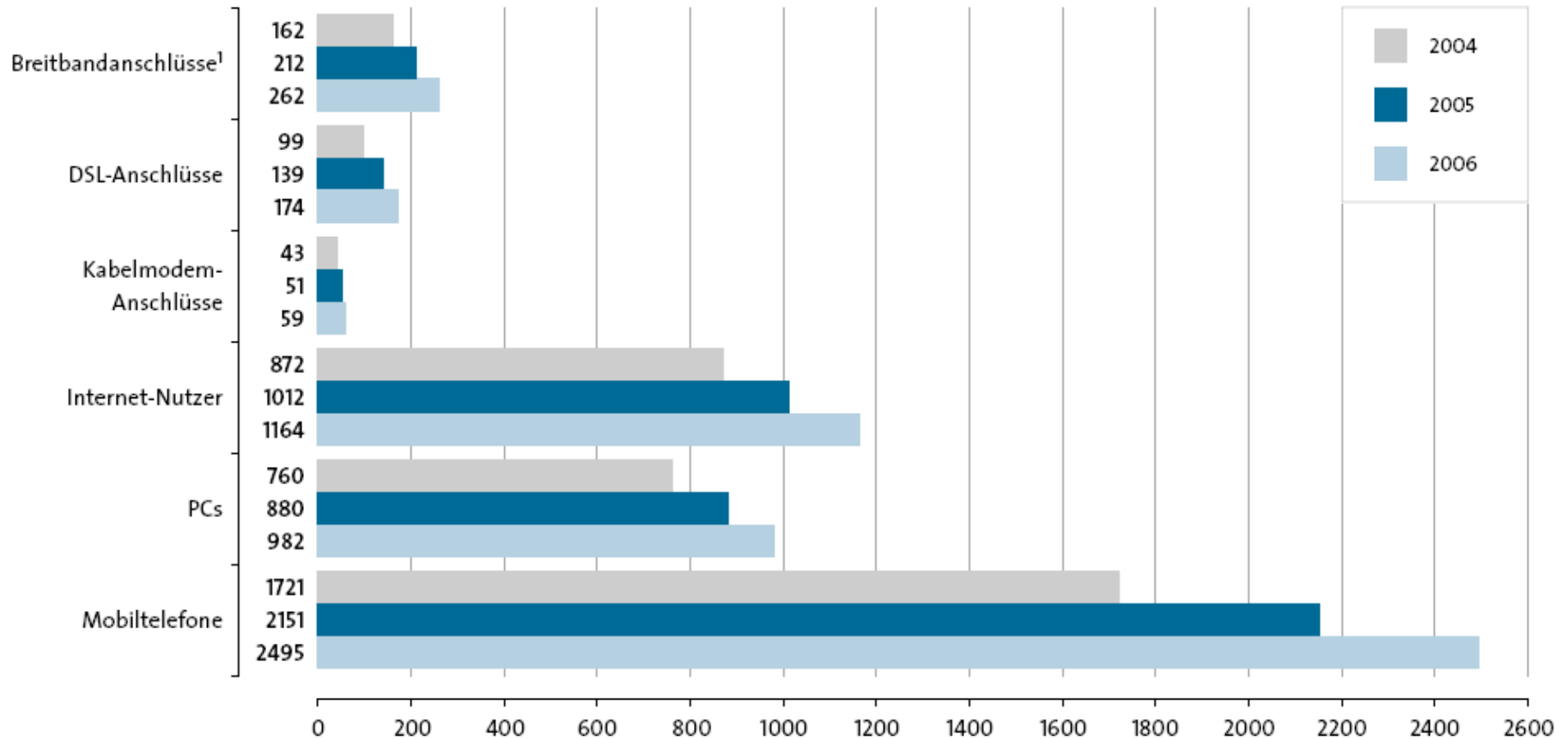
## Marktsegmente TK-Dienste, Deutschland 2005-2007





# Informationsinfrastruktur

■ Die Entwicklung weltweiter Informationsinfrastrukturen 2004 bis 2006 (in Millionen)

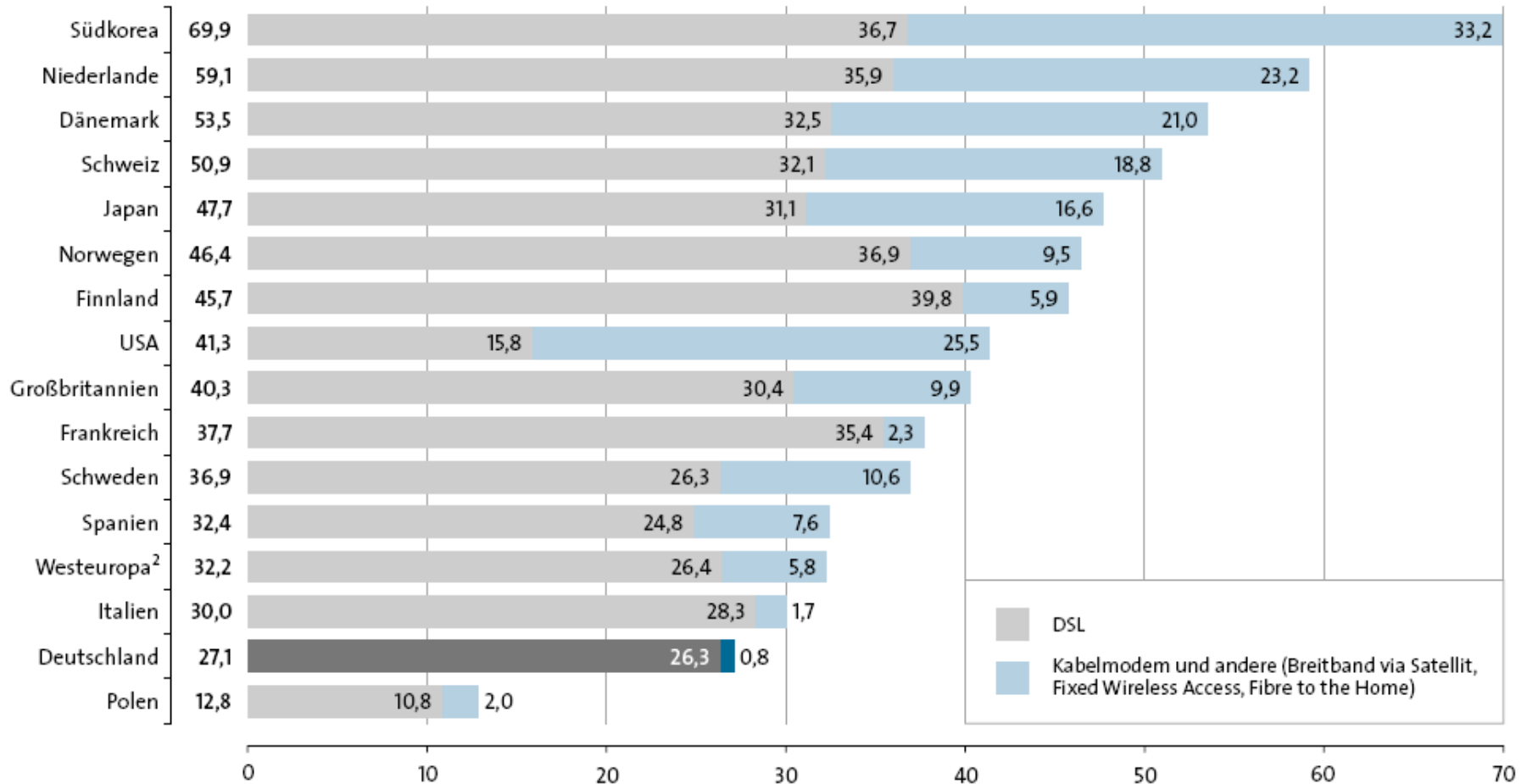


(1) DSL, Kabelmodem und andere  
BITKOM; Basis: EITO



# Breitbandanschlüsse

## ■ Breitbandanschlüsse je 100 Haushalte 2005<sup>1</sup>



(1) Es wird die Gesamtzahl der Breitbandanschlüsse (einschließlich Unternehmensanschlüsse) auf die Anzahl der Haushalte bezogen

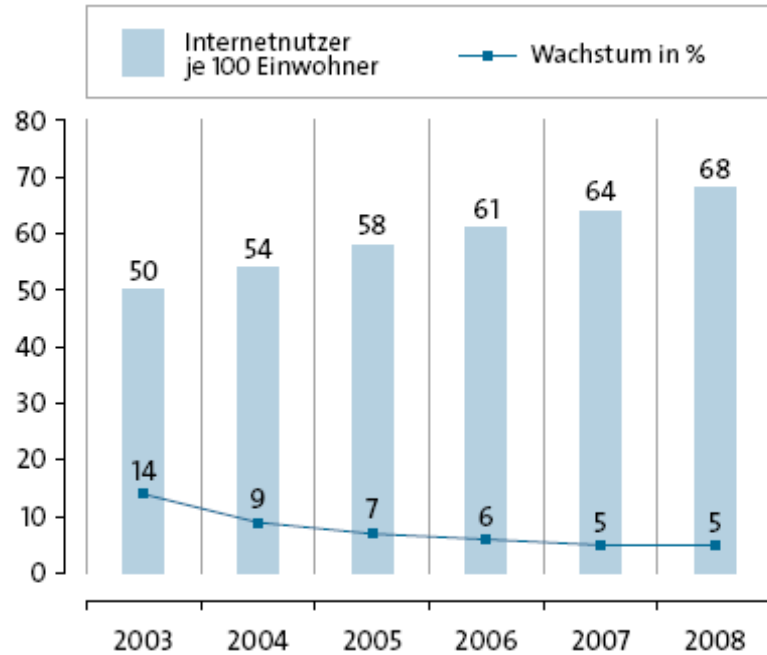
(2) einschließlich Türkei

BITKOM; Basis: EITO



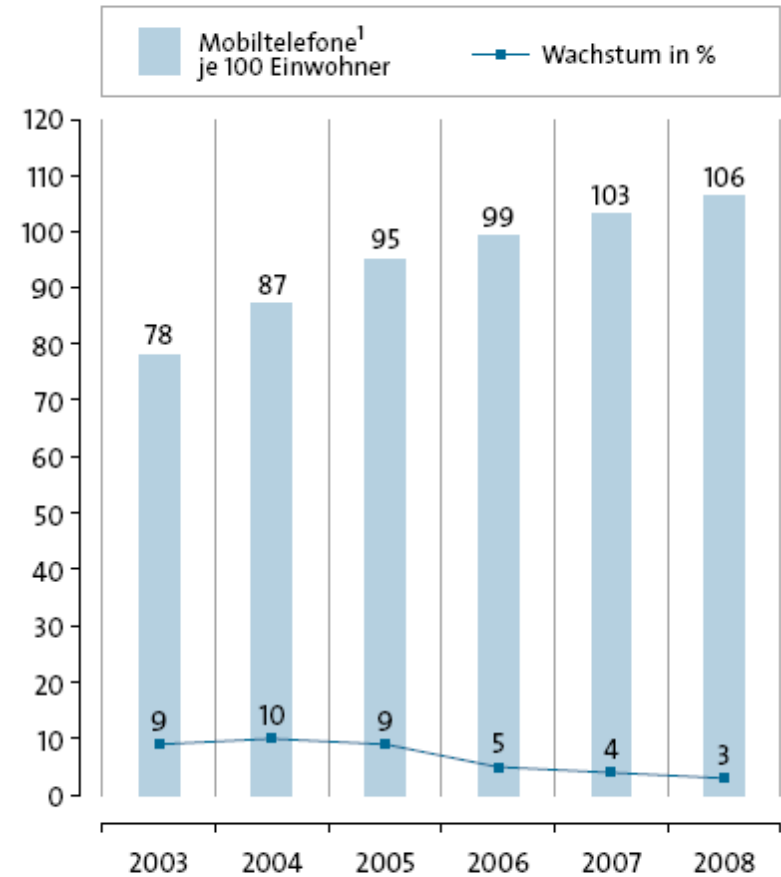
# Internet und Mobilkommunikation in Deutschland

## ■ Prognose Internetnutzer Deutschland



BITKOM; Basis: EITO

## ■ Prognose Mobiltelefone<sup>1</sup> Deutschland



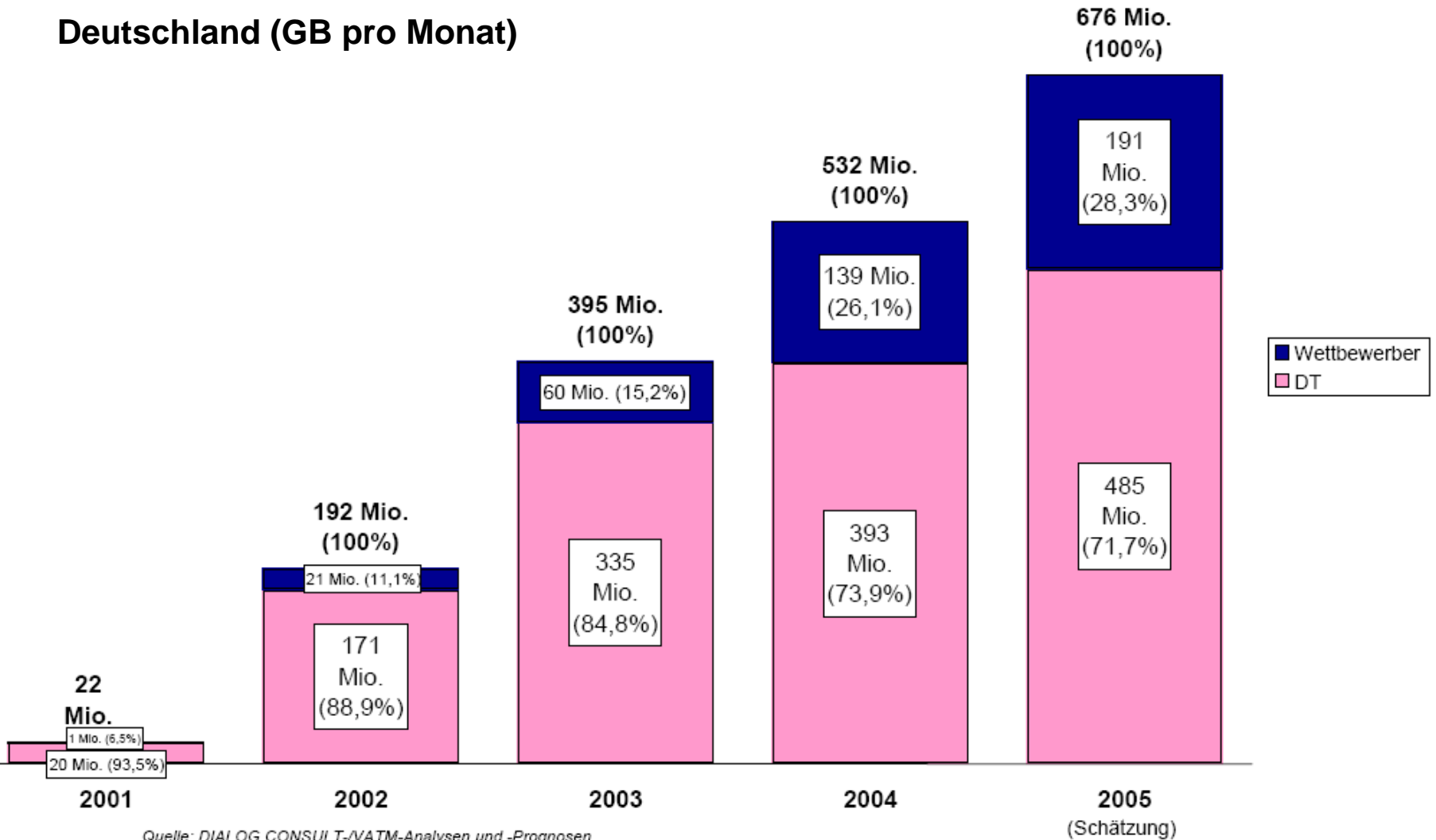
BITKOM; Basis: EITO





# Volumenentwicklung Breitband-Internet-Verkehr

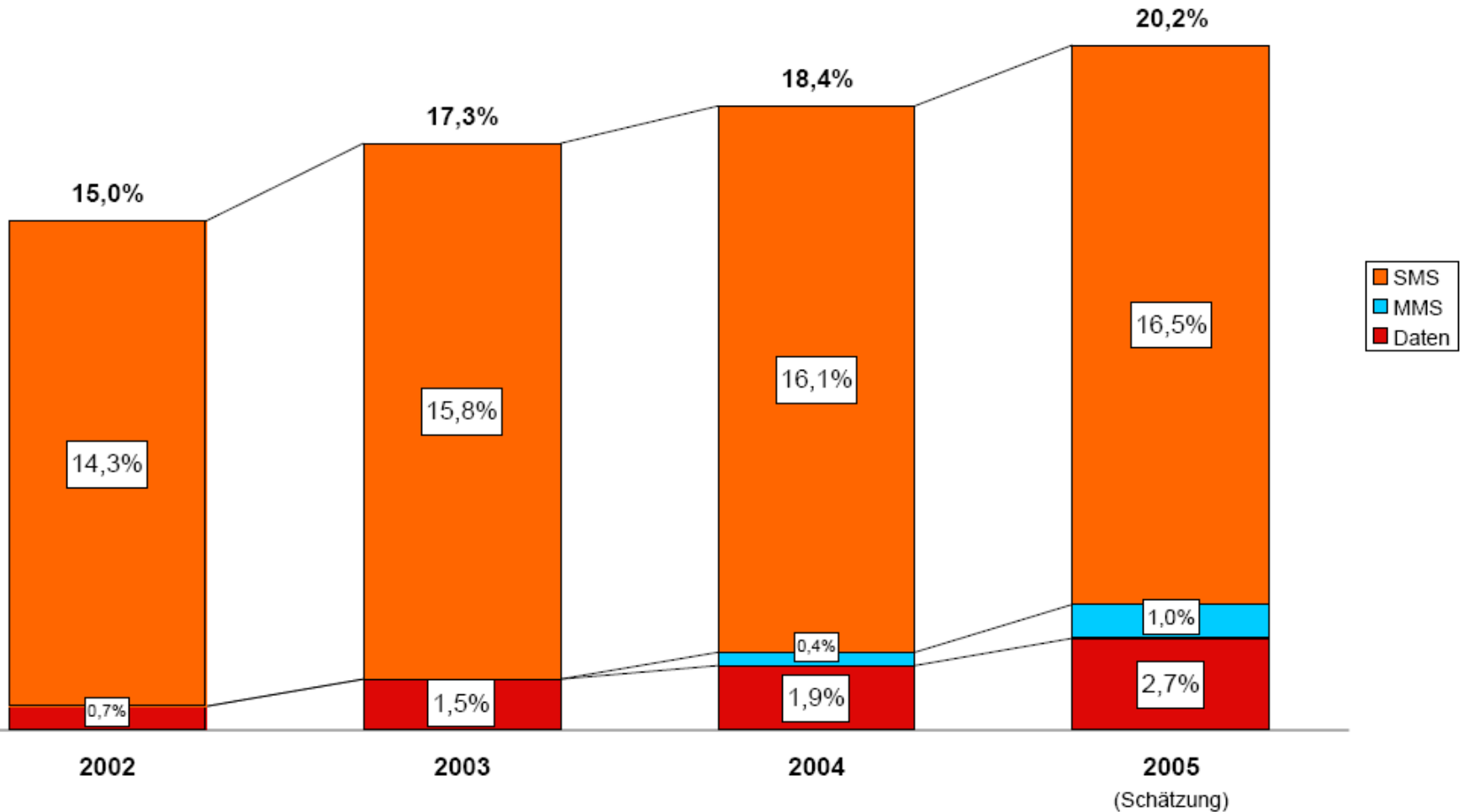
## Deutschland (GB pro Monat)





# Datenanteil an den Dienstumsätzen im Mobilfunk

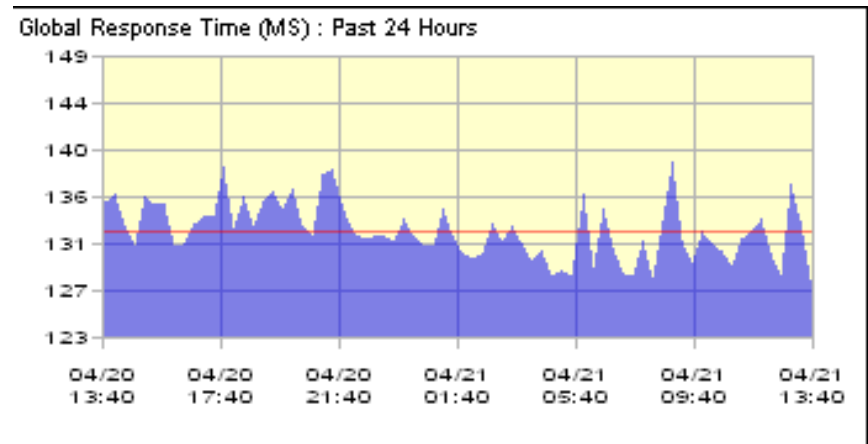
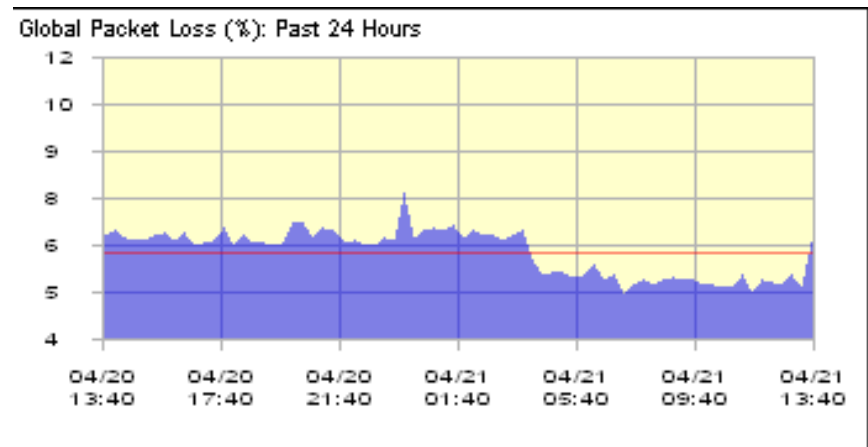
## Deutschland



Quelle: DIALOG CONSULT-/VATM-Analysen



- Zahlreiche Projekte führen Internet-Messungen durch, z.B. Internet Traffic Report: <http://www.internettrafficreport.com/>





# Einblick in aktuelle Forschungsaktivitäten

## **AmbiSense**

Kooperation autonomer mobiler  
Systeme unter Berücksichtigung  
ambienter Sensoren

Kooperationsprojekt unter Beteiligung der  
Professoren Zell, Rosenstiel, Strasser  
(Univ. Tübingen) sowie Prof. Spath und  
Frau PD Weisbecker (Univ. Stuttgart)



# Motivation - Digitale Objektwelt

## □ Digitale Objektwelt

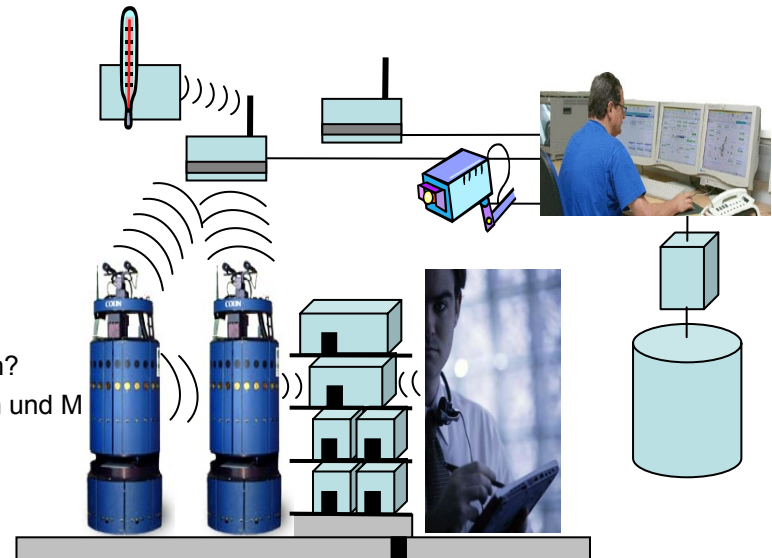
- Viele Objekte werden digital mit gekennzeichnet (Barcodes, RFIDs, ...)
- Datenbanken speichern Informationen zu den Objekten

## □ Entwicklungen

- Zunehmender Einsatz autonomer mobiler Systeme (Roboter)
- Arbeitsabläufe vermehrt in ambient-intelligenten Umgebungen
- Mensch-Maschine-Schnittstelle mit wachsender Funktionalität und Bedeutung

## □ Wichtige Fragestellungen

1. Was befindet sich in der Umgebung eines mobilen Systems?
2. Lokalisation: Wo befinden sich Objekte, mobile Systeme und Menschen?
3. Wie sieht eine geeignete Realisierung der Interaktion zwischen Mensch und M aus?





# Radio-frequency Identification (RFID)

## □ Historie:

- 1939: British Army benutzt RFID
- 1973: Erstes RFID-Patent von Mario Cardullo
- 1999: Gründung des Auto-ID Centers am MIT
- 2003: Electronic Product Code (EPC) und Gründung EPCglobal Inc.

## □ Technologien:

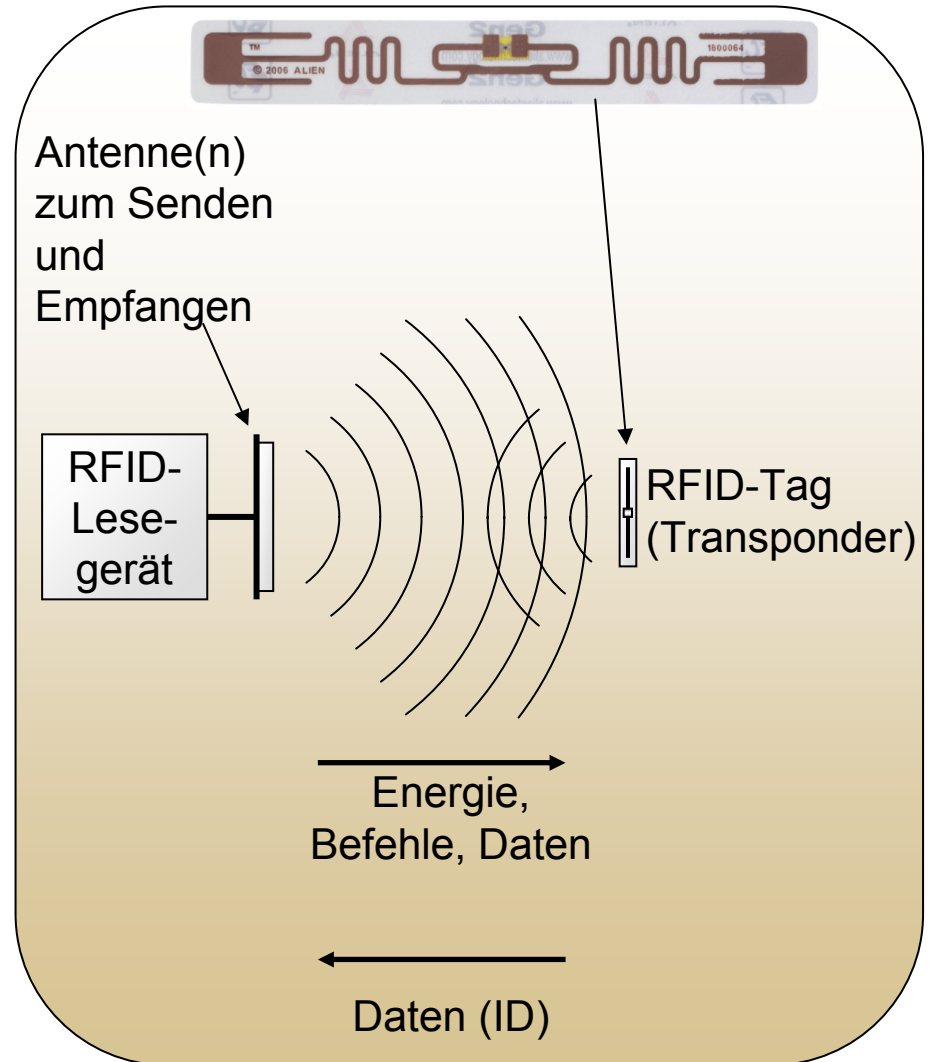
- Erkennung der RFID-Tags in der näheren Umgebung mit RFID-Lesegerät (keine Sichtverbindung erforderlich)
- Jedes Objekt erhält eine eindeutige Nummer
- Frequenzen: HF bei 13,56 MHz (ISO 14443, 15693), UHF bei 433 MHz, 868 MHz, 915 MHz und 2,45 GHz (ISO18000-7)
- Allerdings keine global einheitliche Frequenz im UHF Band
- Preis: ab 5 Cent





# Objektkennzeichnung mittels RFID

- ❑ Mikrochips mit Antenne (RFID-Tags, -Labels) identifizieren sich gegenüber einem RFID-Lesegerät
- ❑ Kommunikation: elektromagnetische Wellen
- ❑ Identifikation: Weltweit eindeutige Nummer (elektronischer Produktcode) mit  $\geq 96$  Bit ( $> 10^{15}$  mehr Kombinationen als EAN-13-Code)
- ❑ Einsatzgebiete im Handel
  - Heute/kurzfristig: Paletten
  - Mittel- bis langfristig: Kartons, einzelne Produkte
- ❑ Warensicherung, ...





## Kumulierte Verkaufszahlen 1944-2005: 2,397 Milliarden RFID-Chips

Branche	Kum. Anz. (in Mio.)
Transport/Automotive	1000
Finanzen/Sicherheit	670
Handel/Konsumgüter	230
Freizeit	100
Wäschereien	75
Bibliotheken	70
Fertigung	50
Tiere/Landwirtschaft	45
Gesundheitswesen	40
Flugverkehr	25
Logistik/Post	10
Militär	2
Sonstige	80
<b>Total</b>	<b>2397</b>





# Objektkennzeichnung mit Sensorknoten

- ❑ Drahtlose Vernetzung von Geräten über kurze Distanz
- ❑ Geräte mit eindeutiger Adresse
- ❑ Kommunikation: Funkwellen (~2,4GHz)
- ❑ Übertragung: bis zu 2,1 MBit/s
- ❑ Ad-hoc-Netzwerkfähigkeit
- ❑ Verschlüsselung anwendbar



BTnode



Mica Node



# RFID vs. Bluetooth zur Kennzeichnung

## RFID

- Identifikationszwecke
- Passive Tags benötigen keine Stromversorgung
- Als Labels nicht für zus. Intelligenz ausgelegt
- Kosten:
  - Tags: 0,08-0,30 €
  - Lesegerät: 1.000-2.500 €
  
- Effiziente Identifikation potenziell auf Item-Level



## Bluetooth

- Beliebige Daten
- Sensorknoten mit Stromzufuhr
- Um zusätzliche Intelligenz erweiterbar (z.B. Wärmesensor, Mikroprozessoren)
- Kosten:
  - Bluetooth-Chip: 4 \$
  - Sensorknoten: 10-170 €
  
- Überwachung von Containern bzw. hochwertigen Produkten



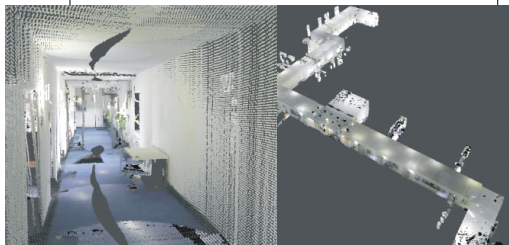
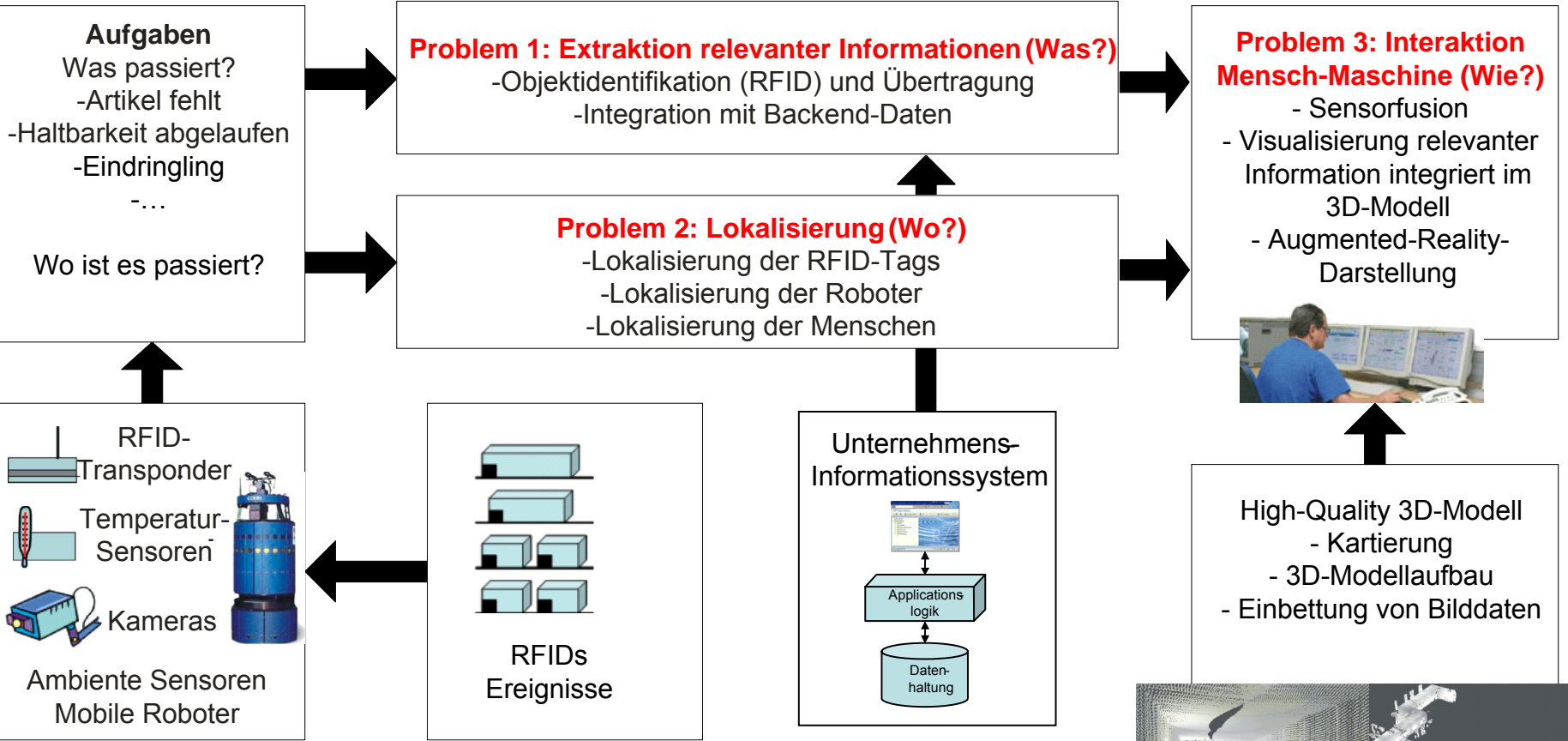


# Grenzen des RFID Einsatzes

- ❑ Chaotische Lagerhaltung, z.B. im Supermarkt lässt sich noch nicht erfassen
- ❑ Noch nicht ausreichend kosteneffizient
  - Bessere Automatisierung (zum Beispiel durch Roboter)
- ❑ Erkennungsraten noch nicht hoch genug
  - Höhere Redundanz bei Erfassung erforderlich
  - Erfassung von Objekten durch ambiente Sensorik nicht nur durch Barcode oder RFID
- ❑ Keine kontinuierliche Lokalisierung von Objekten (nur wenn sie sich nahe eines Lesegeräts befinden)



# Drei Schlüsselprobleme

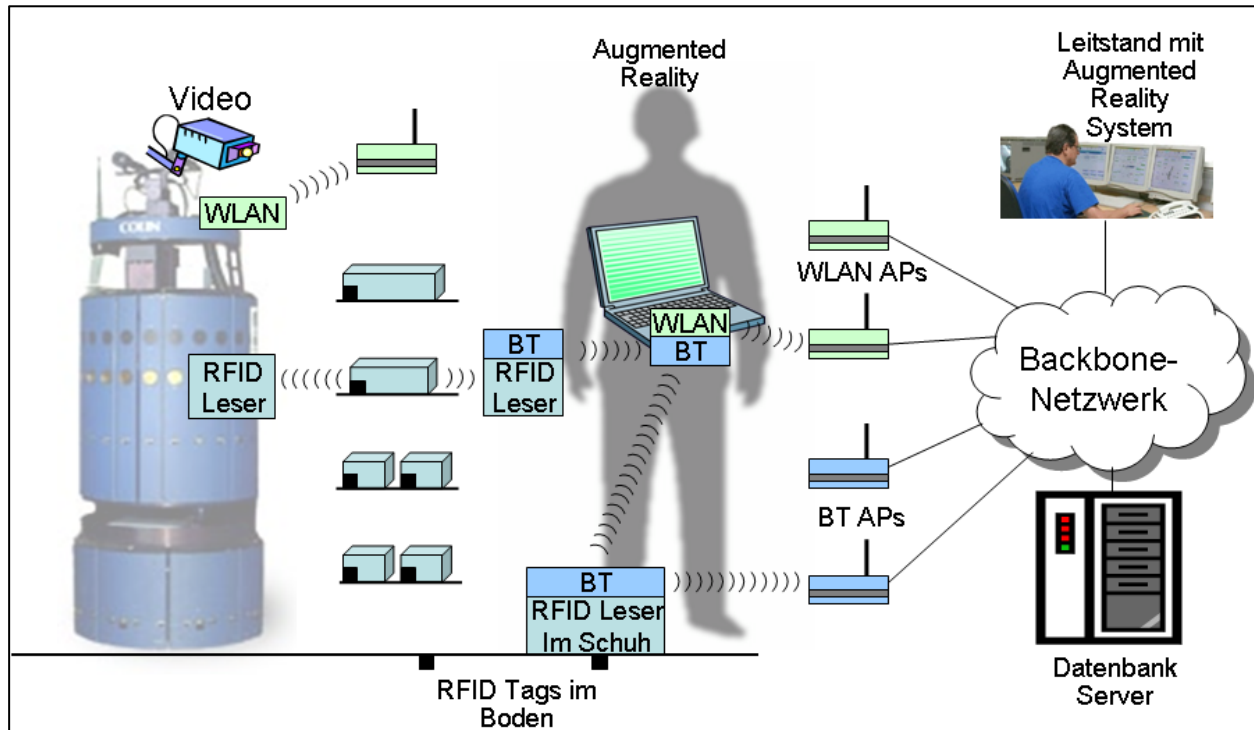




# Anwendungsszenario

## □ Lagerverwaltung

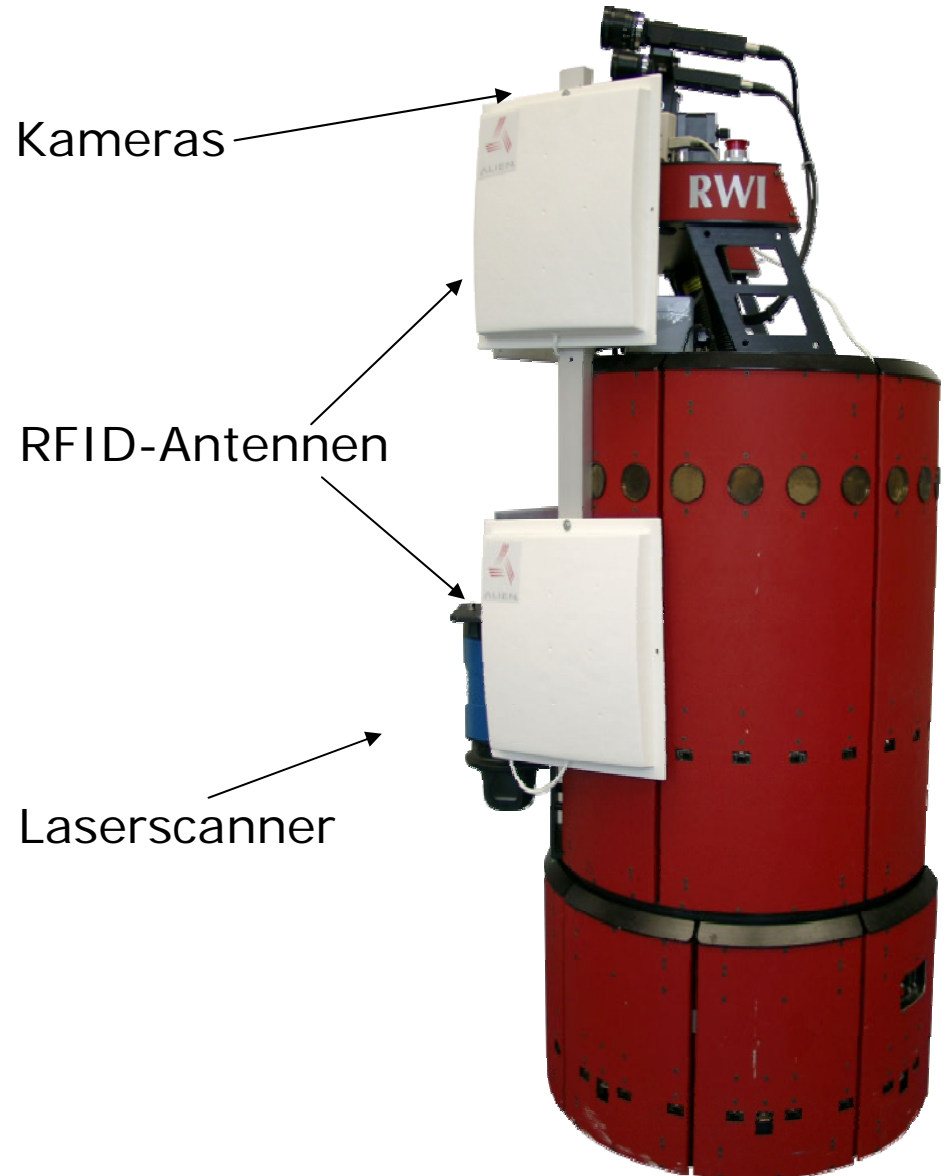
- Zuordnung von Waren durch RFID
- Ständige Positionsbestimmung während der Arbeit
- Abfrage von Zusatzinformationen in einer Datenbank
- Darstellung auf PDA / Notebook, eventuell Augmented Reality Display
- Fortlaufende Inventur





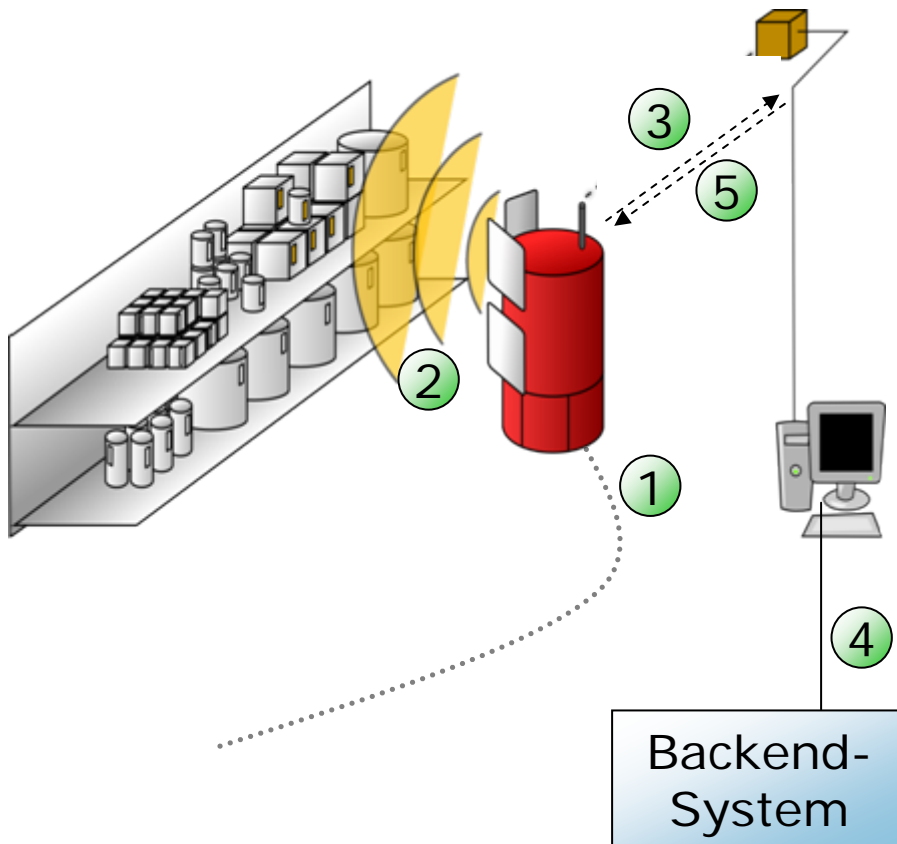
# Schnittstelle: Autonome Systeme

- ❑ RWI-B21-Serviceroboter
- ❑ Verschiedene Sensoren zur multimodalen Umgebungsmodellierung/ Objekterfassung, z.B.
  - RFID-Lesegerät
  - Kameras
- ❑ WLAN-Anbindung an externe Systeme/ globales Weltmodell
- ❑ Möglichkeit der fortlaufenden Inspektion der Umgebung





# Warenerkennung mittels RFID

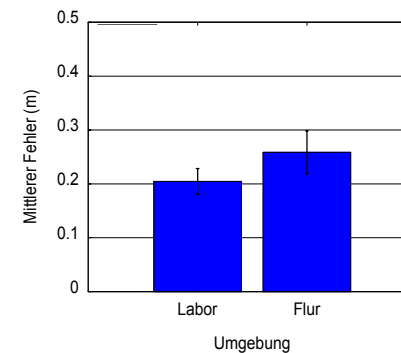
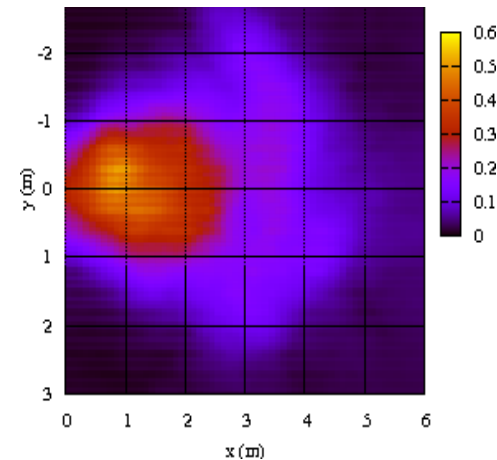
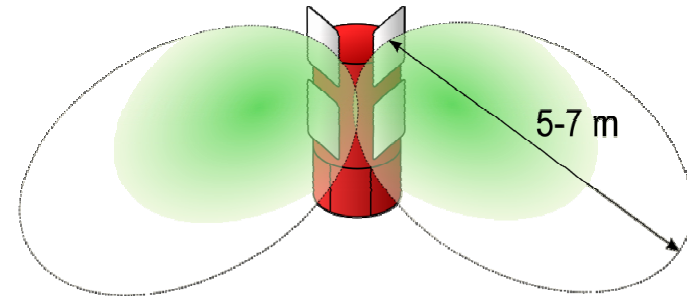


1. Roboter exploriert Umgebung
2. Objekt-ID wird gelesen
3. Weltmodell empfängt die ID
4. Zusatzinformationen vom ERP-System werden ggf. abgefragt
5. Objekt mitsamt Zusatzinformationen steht angeschlossenen Systemen bereit (auch dem Roboter selbst!)



# Lokalisierung mittels RFID

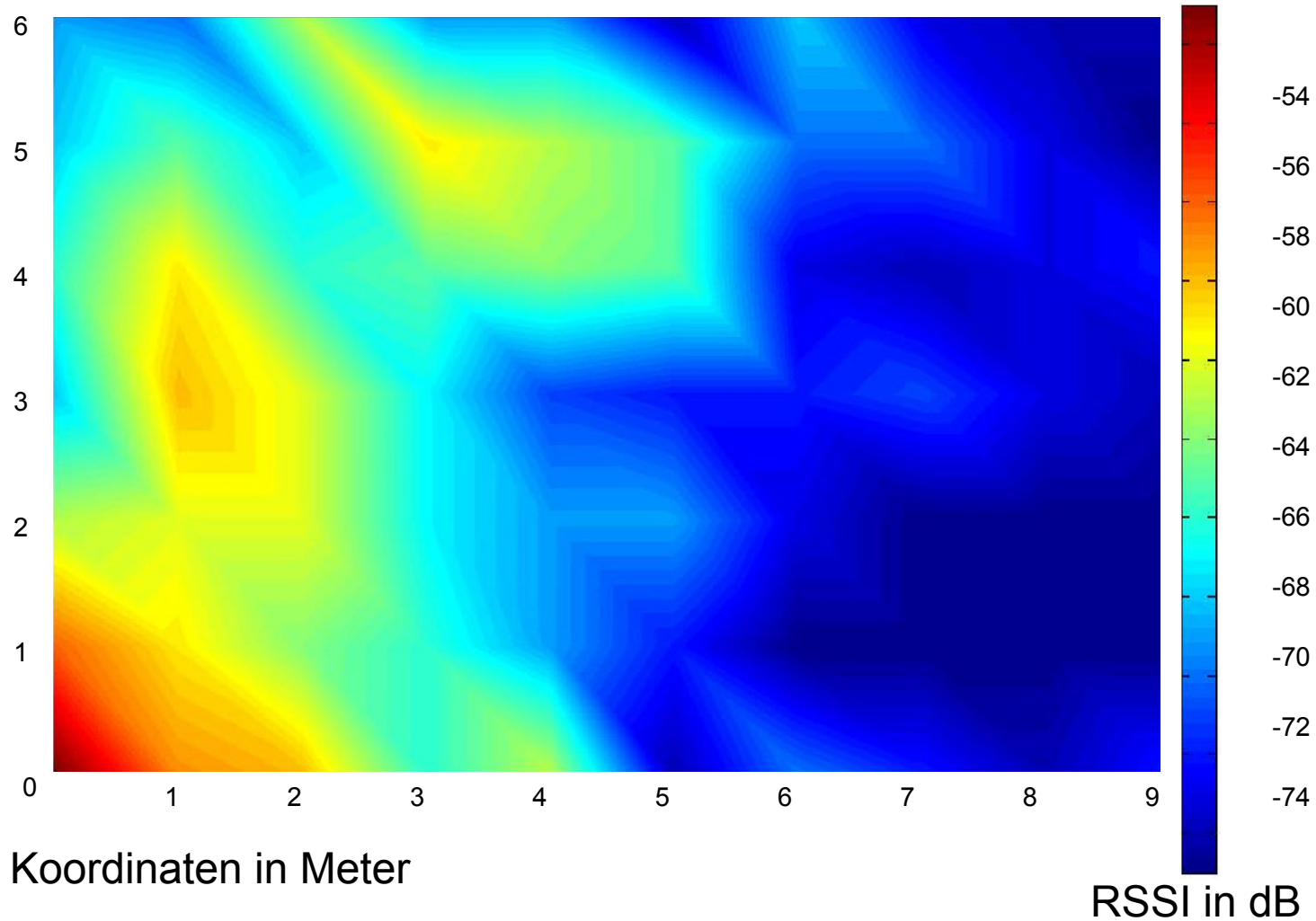
- ❑ Roboter mit handelsüblichem UHF-RFID-Lesegerät und RFID-Antennen
- ❑ Detektion von RFID-Tags ortsabhängig  
Einsatz von Partikelfilter
- ❑ Sensormodell maschinell lernbar
- ❑ Genauigkeit besser als 0,3 m







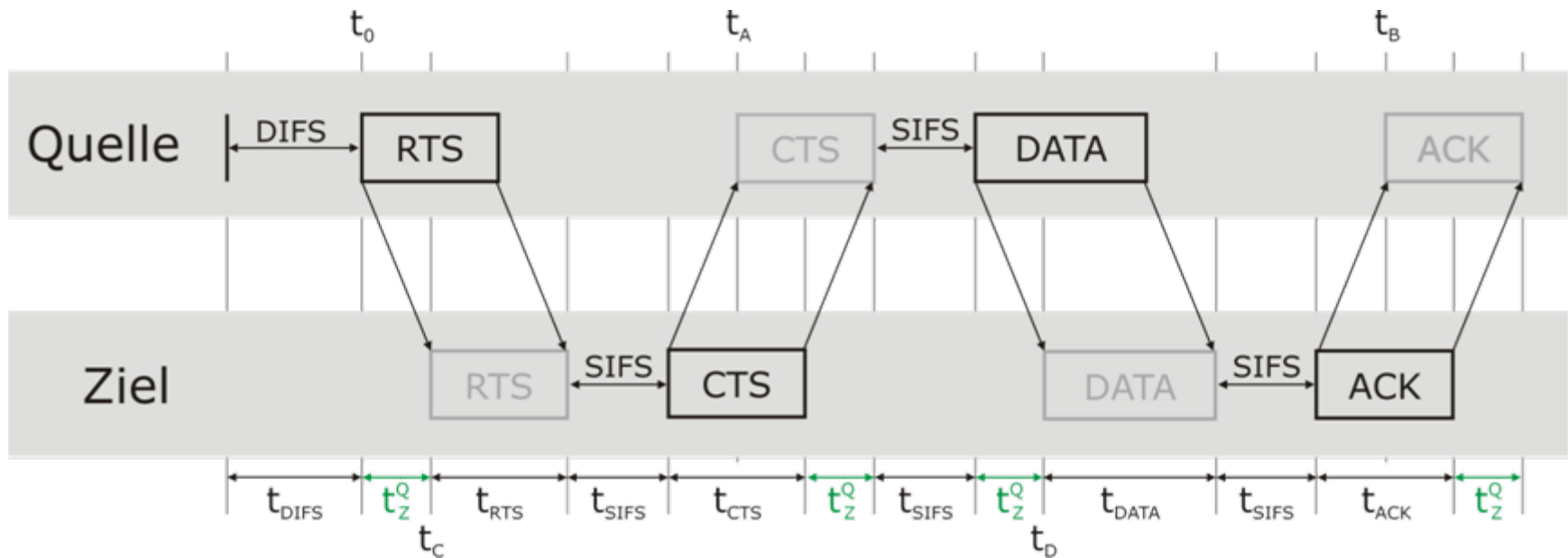
## Feldstärke in Abhängigkeit der Entfernung





# WLAN-Laufzeitmessungen

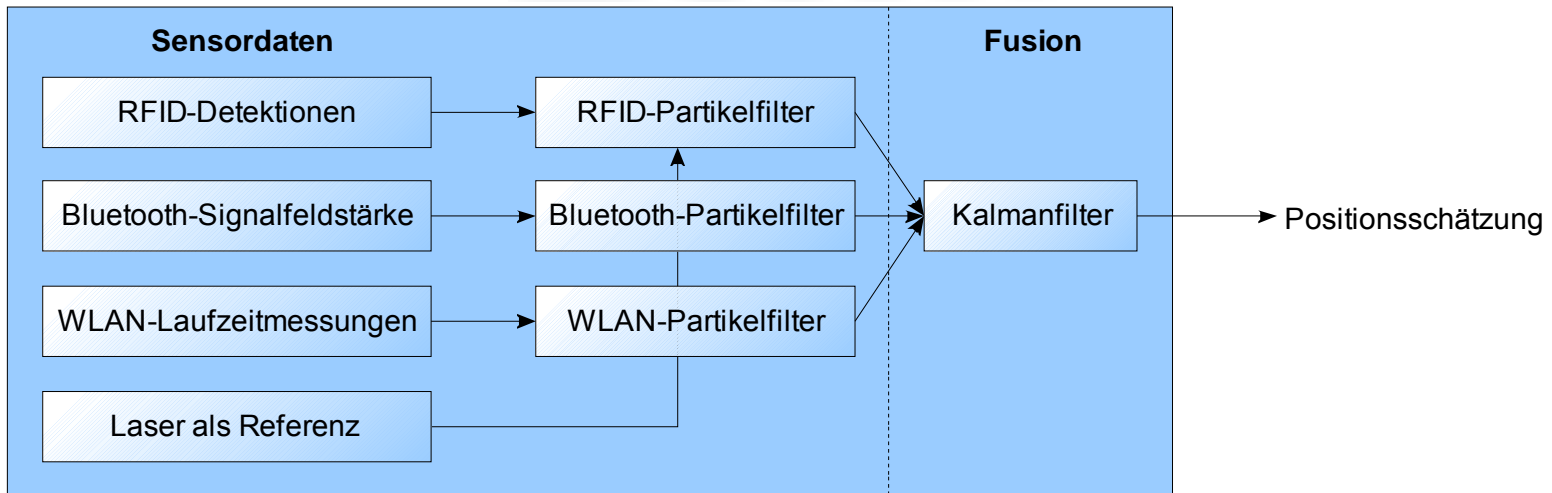
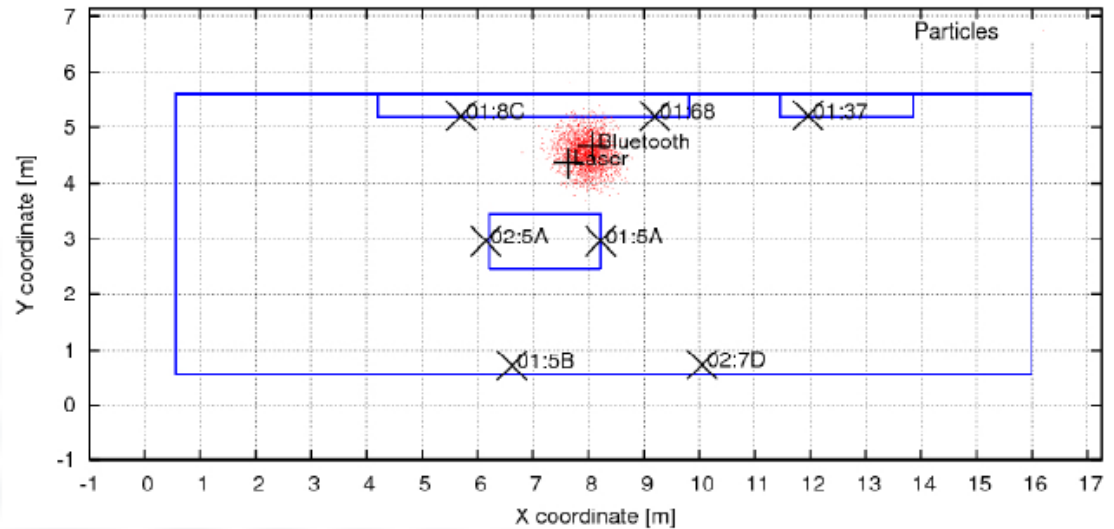
- ❑ Ausnutzung von WLAN Protokollabläufen
- ❑ Time-of-Arrival-Messungen in Standardisierung IEEE 802.11 Task Group v





# Sensorfusion

- Ziel:
  - Robuste (und präzisere) Lokalisierung mit verschiedenen Typen ambierender Sensorik
- Umsetzung:
  - Statistische Fusionsverfahren (Kalman- / Partikelfilter) zur Integration der heterogenen Sensorik





# Visualisierung zugeordneter Daten

- Ansatz:
  - Browser-Inhalt in VR-Grafik darstellen
  - Browser-Interaktion zur Verfügung stellen



3D-Szene



Screenshot



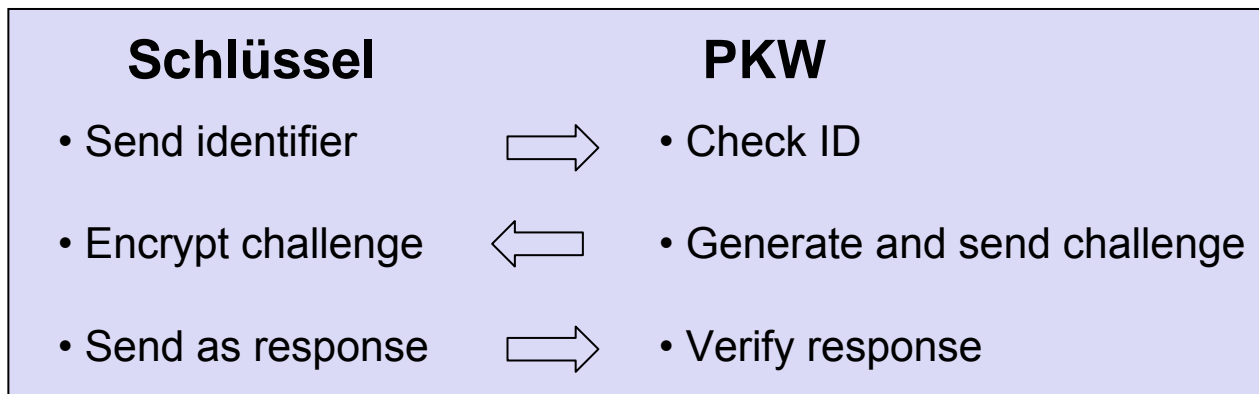
WebPage  
(mit ERP-Infos, ...)

## Authentifizierung

z.B. für KFZ-Schlüssel, Bezahlssysteme



- ❑ Beispiel: Texas Instrument DST40 RFID Kryptographie-Chip (z.B. eingesetzt in KFZ-Schlüsseln, Ford 2005)
- ❑ Challenge-Response-Mechanism
- ❑ 40 Bit Schlüssel
- ❑ Proprietäre Verschlüsselungsfunktion von Texas Instruments

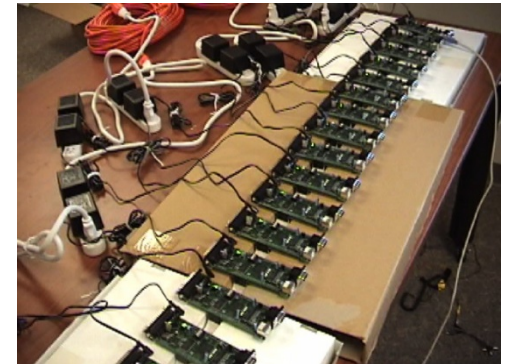


## Schwächen des Texas Instruments DST40 RFID Chips

- ❑ 40 Bit Schlüssel ⇒ Brute force Angriffe möglich
- ❑ Proprietärer Algorithmus ⇒ Möglicherweise zusätzliche Schwächen

## Erster Angriff

- ❑ John Hopkins University
- ❑ Reverse engineering und Veröffentlichung des Algorithmus
- ❑ 10 personal computers ⇒ 2 Wochen
- ❑ 16 FPGAs 5 keys in 2h ⇒ ~24 min



## Weiterführende Arbeiten

- ❑ Informatik-Methoden zur Berechnung von Tabellen ⇒ schnelle Berechnung in SW
- ❑ Kleine Geräte zum Kopieren solcher Schlüssel



[www.rfidanalysis.org](http://www.rfidanalysis.org)



- ❑ Zunehmenden Einsatz der vorgestellten Technologien
  - Wirtschaftliches Potential
- ❑ Noch viele ungelöste Probleme, u.a.
  - Informationelle Selbstbestimmung
  - Sicherheitsschwächen
  
- ❑ Kommunikation, Mobilität, Sicherheit
  - ⇒ immer neue spannende Anwendungen werden möglich
  
- ❑ Die vorgestellten Technologien sind exemplarisch zu sehen