

**Prof. Jürgen Becker**

becker@kit.edu

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV)

**Digitaltechnik**

**Einführung**



## Vorläufer

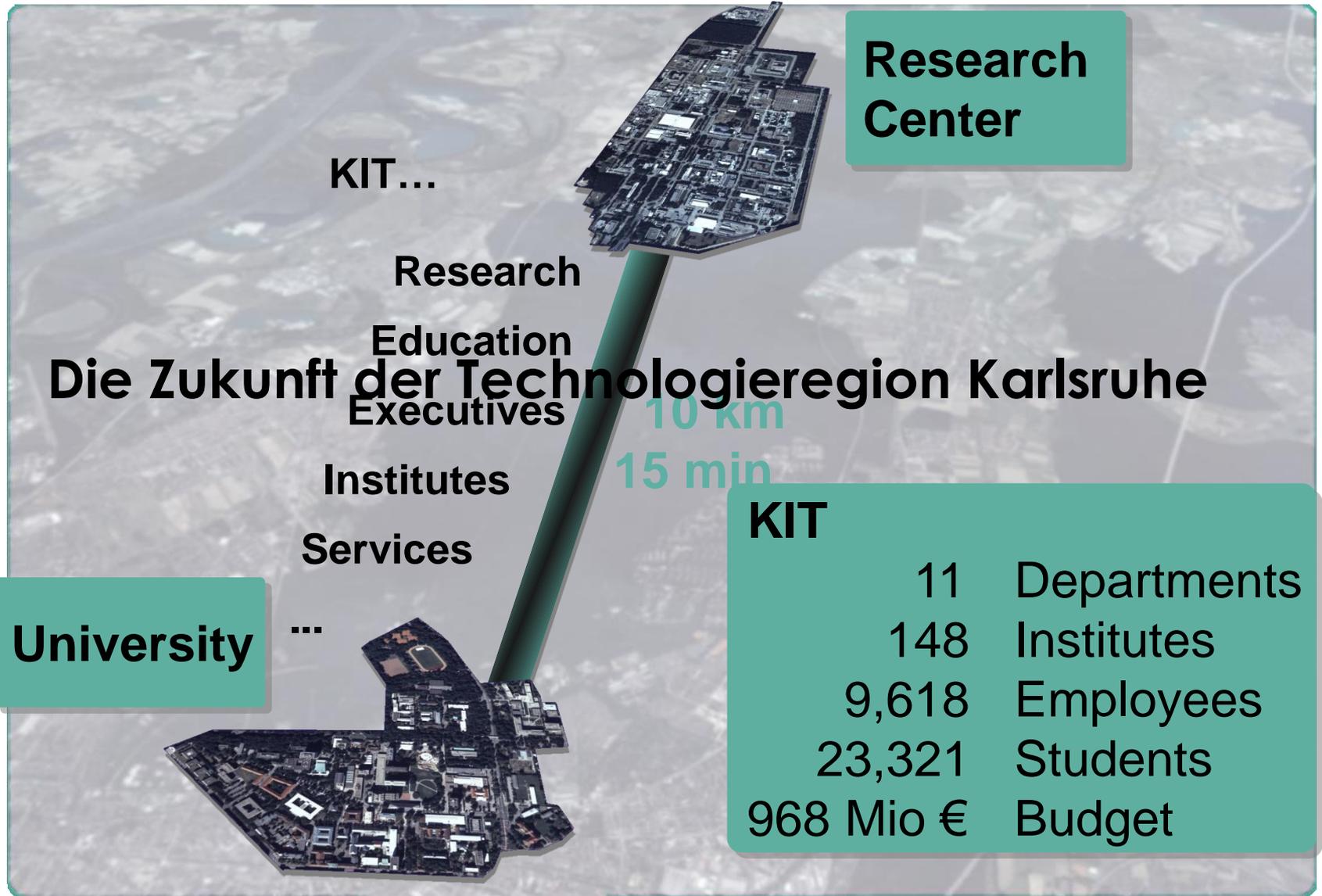
- 1800 Gründung der Karlsruher Bauschule durch Friedrich Weinbrenner
- 1807 Gründung der Karlsruher Ingenieurschule durch Johann Gottfried Tulla

## Gründung

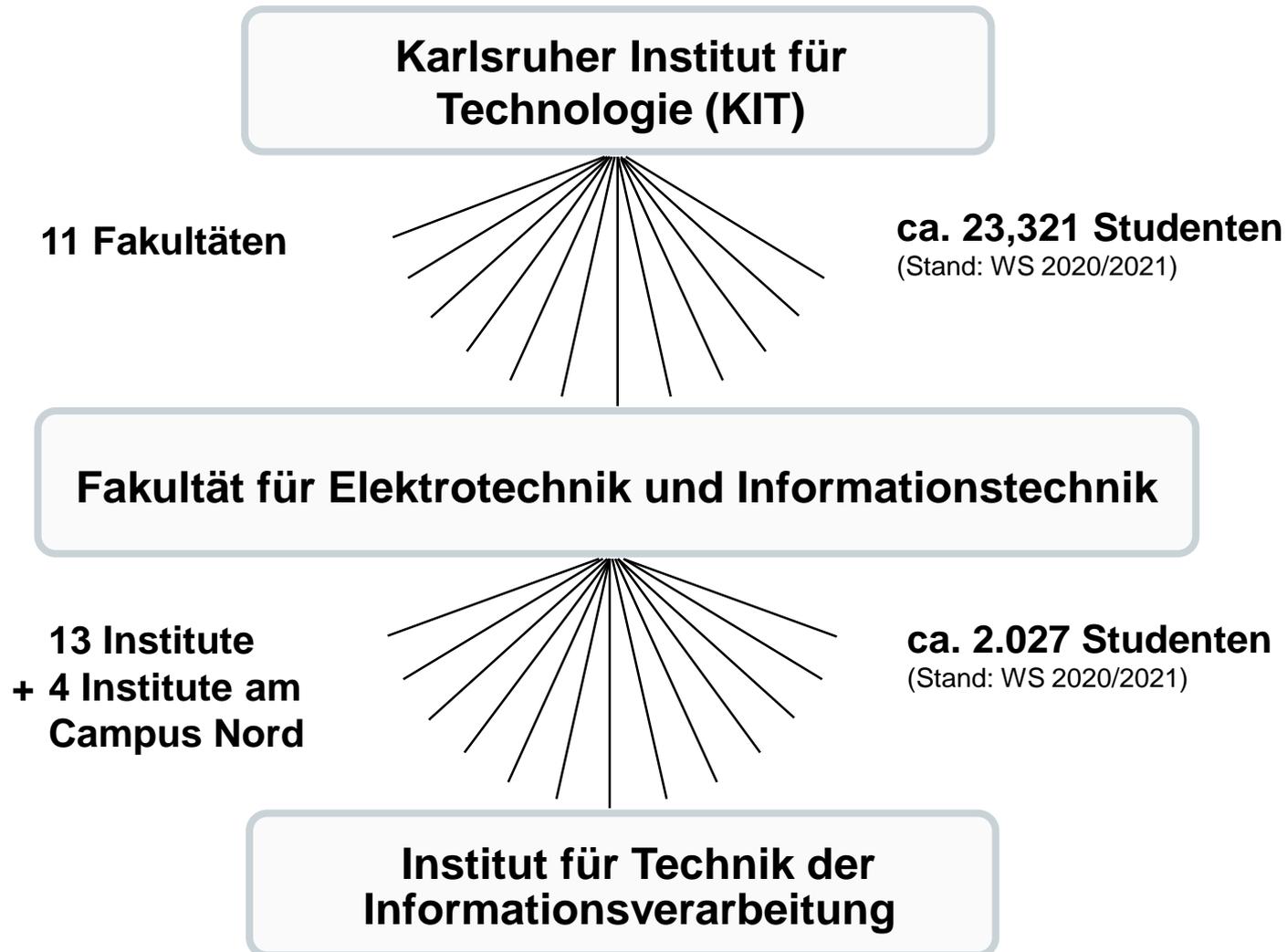
- 1825 Gründung der Polytechnischen Schule nach dem Vorbild der Ecole Polytechnique in Paris
- 1885 Technische Hochschule
- 1902 Namenszusatz „Fridericiana“ nach dem Förderer Großherzog Friedrich von Baden (der Campus liegt auf seinem ehemaligen Jagdgebiet)
- 1967 Universität Karlsruhe (TH)
- 2005 Zusatz „Forschungsuniversität“

## KIT

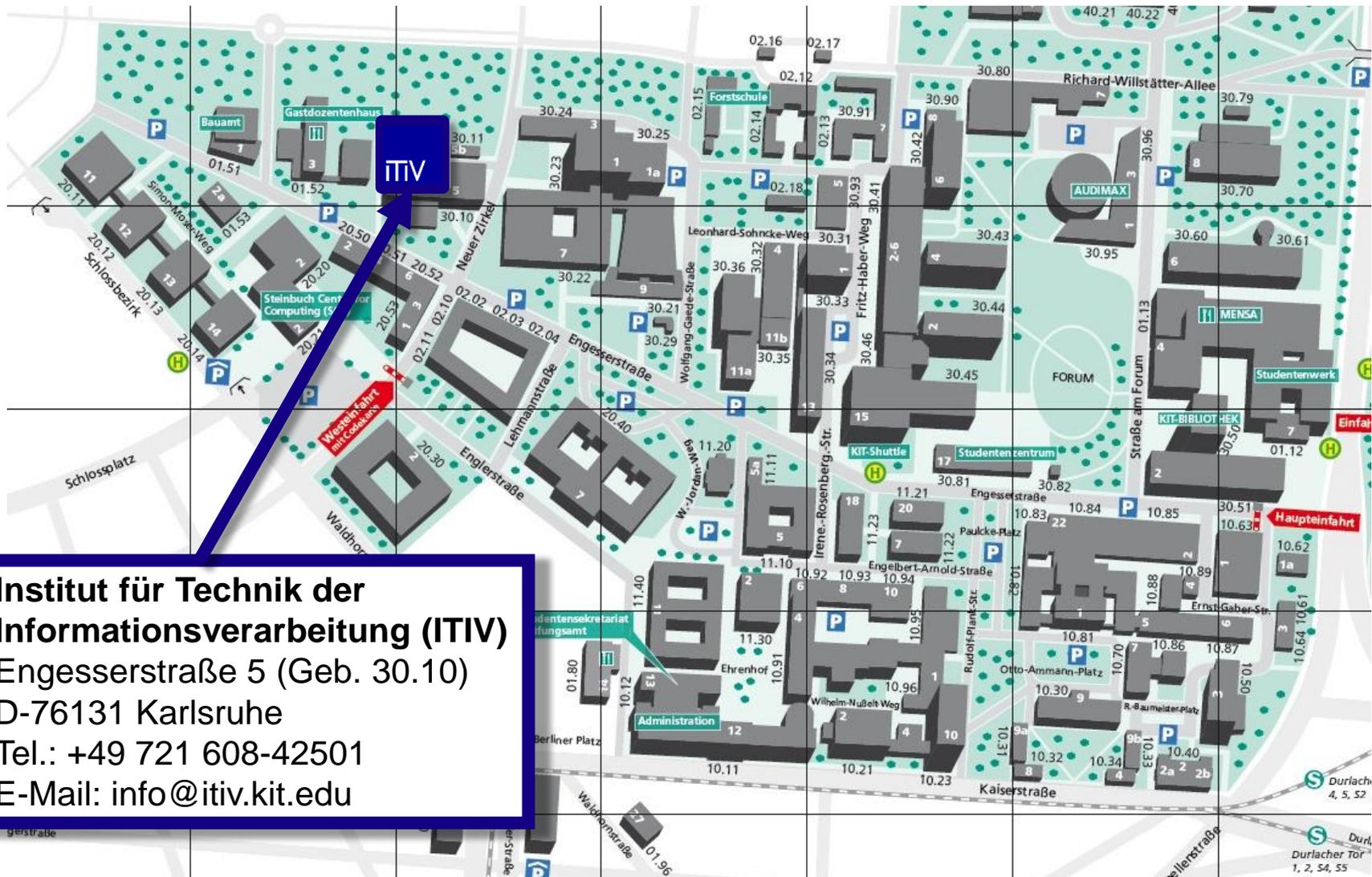
- 2009 Zusammenschluss der vom Bundesland Baden-Württemberg getragenen *Universität Karlsruhe* und des vom Bund getragenen *Forschungszentrums Karlsruhe* zum Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- 2020 25.000 Studenten



# Einordnung des Instituts ITIV



# Lageplan ITIV



**Institut für Technik der  
Informationsverarbeitung (ITIV)**  
Engesserstraße 5 (Geb. 30.10)  
D-76131 Karlsruhe  
Tel.: +49 721 608-42501  
E-Mail: [info@itiv.kit.edu](mailto:info@itiv.kit.edu)

# Historie – ITIV Chronologie

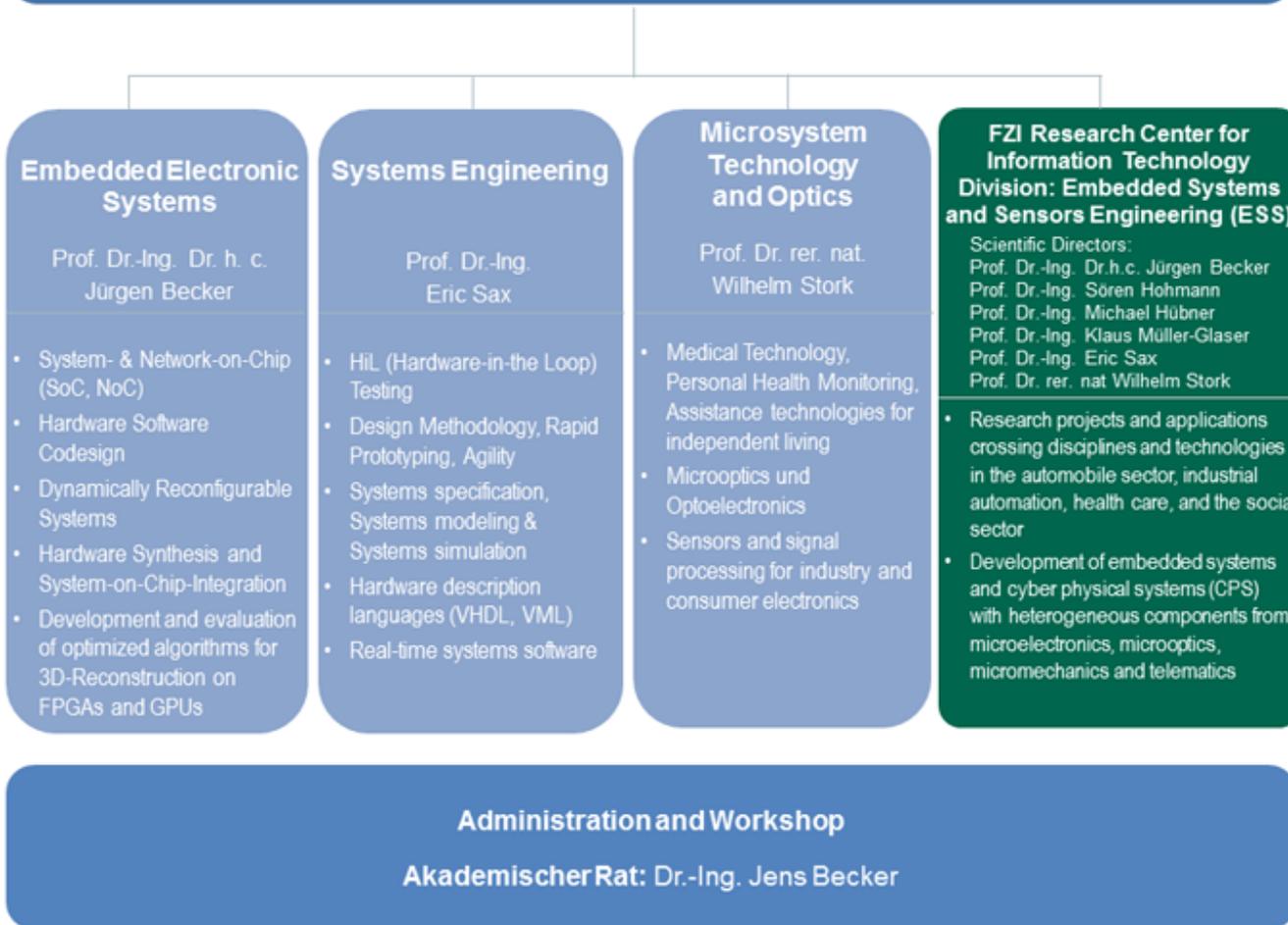
- 1958 Gründung des “Instituts für Nachrichtenverarbeitung und Nachrichtenübertragung” unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. K. Steinbuch
- 1962 Bezug des Neubaus in der Engesserstraße 5
- 1973 Umbenennung in “Institut für Nachrichtenverarbeitung”
- 1981 Kollegiale Institutsleitung durch Prof. U. Baitinger und Prof. H.M. Lipp
- 1982 Umbenennung in “Institut für Technik der Informationsverarbeitung”
- 1993 Professor K. D. Müller-Glaser übernimmt die Nachfolge von Prof. U. Baitinger
- 2001 Prof. J. Becker übernimmt die Nachfolge von Prof. H.M. Lipp
- 2009 Prof. W. Stork wird in die kollegiale Institutsleitung aufgenommen
- 2014 Prof. E. Sax übernimmt die Nachfolge von Prof. K. D. Müller-Glaser



# ITIV - Organigramm

## Institute for Information Processing Technologies (ITIV)

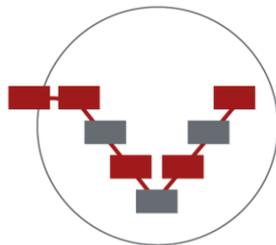
Board: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Jürgen Becker, Prof. Dr.-Ing. Eric Sax,  
Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Stork



**ARAMiS**  
proved the applicability of multicores in  
safety critical applications in principle



**ARAMiS II**  
targets the efficient use of multicores in safety critical applications  
in practice by preparation of:



**STRUCTURED MULTICORE  
DEVELOPMENT**

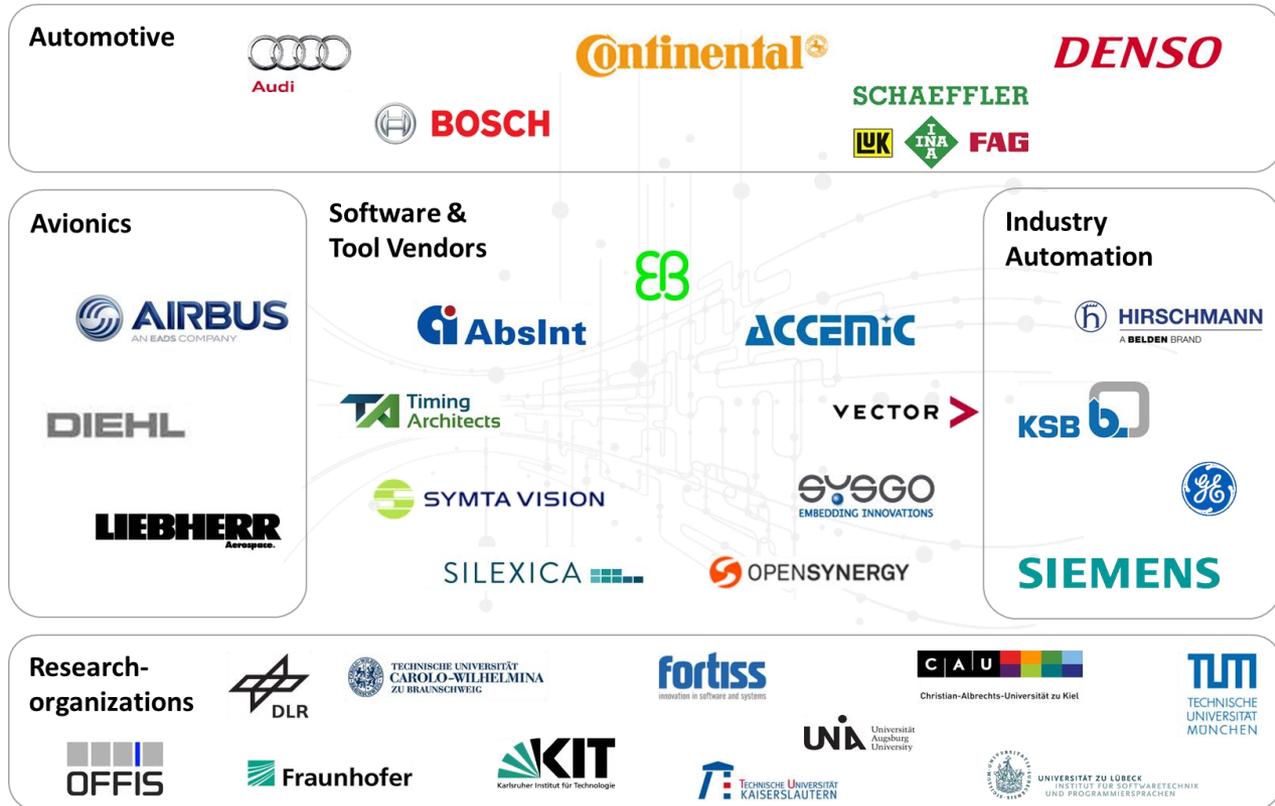


**MULTICORE METHODS  
AND TOOLS**



**INDUSTRIAL PLATFORMS  
FOR MULTICORE SYSTEMS**

# ARAMiS II – Partners



**Coordination:** Karlsruhe Institute of Technology (KIT), ITIV  
 Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. J. Becker, Dipl.-Ing. F. Bapp

**Duration:** 10/2016 – 09/2019

**Consortium:** 33 Partners

**Overall Budget:** > 26 Mio.€, 15 Mio.€ funded



SPONSORED BY THE

Federal Ministry of Education and Research

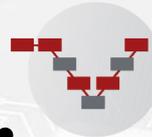
# Zusammenfassung der Ziele

aramis II 

ENTWICKLUNGSPROZESSE | WERKZEUGE | PLATTFORMEN  
FÜR SICHERHEITSKRITISCHE MULTICORESISTEME

## STRUKTURIERTER MULTICORE ENTWICKLUNGSPROZESS

Bereitstellung eines systematischen und strukturierten Ansatzes zur Entwicklung von Multicore Software und Plattformen



## INDUSTRIELLE PLATTFORMEN FÜR MULTICORE SYSTEME



Entwicklung und Erweiterung von industriellen Plattformen unter Berücksichtigung Multicore spezifischer Anforderungen

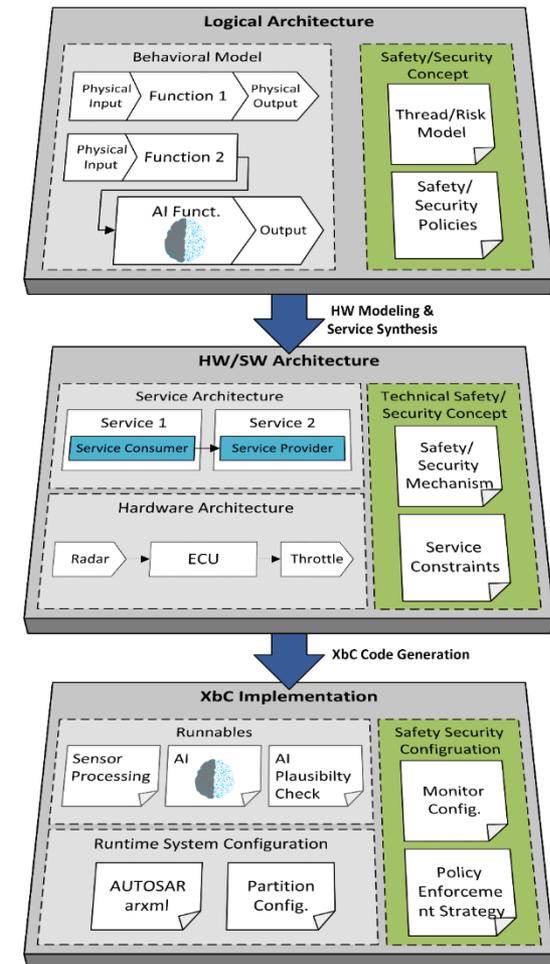
## MULTICORE METHODEN UND WERKZEUGE



Entwicklung von Methoden und Werkzeugen zur Unterstützung des Strukturierten Multicore Entwicklungsprozess

# XANDAR – Model-Based Design Flow

- Nahtlose Modellierung, Entwurf, Verifizierung und Bereitstellung von autonomen und verteilten eingebetteten Anwendungen
- Absicherung nicht-deterministischer Anwendungen (z.B. KI) durch konfigurierbare Laufzeitmonitore
- Nicht-funktionale End-to-End-Garantien über
  - modellbasierte Sicherheitsmuster und Synthese der serviceorientierten Architektur
  - Verifizierungs- und Validierungsmethoden
  - XbC-Code-Generierung und -Bereitstellung



# EPI - European Processor Initiative

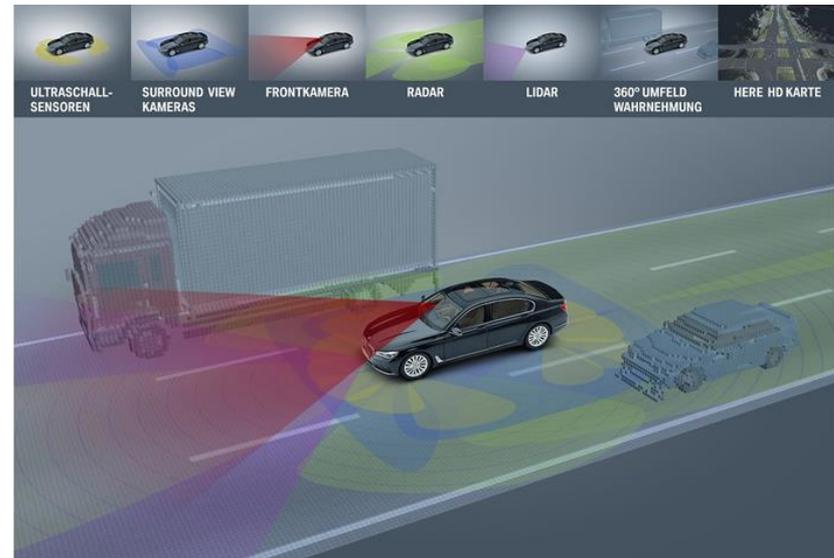
## Heterogene Architektur

- ARM Cores, Multi-purpose processing array (MPPA)
- EPI-Beschleuniger (basierend auf RISC-V)
- Embedded FPGA

→ Mission: unabhängige EU-Exascale-Maschine bis 2023



- **Effizienter CNN-Beschleuniger** SoC für leistungsintensive Anwendungen wie z.B. **Sensorfusionsaufgaben** in autonomen Fahrzeugen
- Neue AI-Prozessortypen brauchen neue Ansätze zur Gewährleistung der **funktionalen Sicherheit**
- Idee einer **skalierbaren Plattform** für verschiedene Bereiche von eingebetteten Anwendungen





The screenshot shows the homepage of the Institute for Information Technology (ITIV) at KIT. The header includes the KIT logo and navigation links: Home, Impressum, Datenschutz, Barrierefreiheit, KIT, EN, and a search icon. Below the header, the main navigation menu lists: Institut, Forschung & Veröffentlichungen, Studium und Lehre, Innovation, and Jobs. The main content area features a large blue background with binary code and code snippets. The central text reads "Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV)". Below this, there are two green buttons: "Bachelor-/ Masterarbeiten" with a sub-link "Ausschreibungen von Bachelor- und Masterarbeiten, die das ITIV anbietet" and "HiWi / Jobs" with a sub-link "Jobangebote des ITIV". At the bottom of the main content area, there are four buttons: "STUDIEN...", "FORSCHUNGSINTERE...", "BESUC...", and "SUCHEN" with a search icon. Below the main content area, there is a section titled "Willkommen am ITIV" with a small image of a building and a paragraph of text: "Das Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV) ist eines der siebzehn Institute der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik innerhalb des KIT. Es beschäftigt sich in Forschung und Lehre mit den Methoden und rechnergestützten".

# Instagram: itiv.kit



## Neuigkeiten aus Forschung, Innovation und Lehre

itiv.kit    Nachricht senden    Folgen    ...

14 Beiträge    91 Follower    11 abonniert

**Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV)**  
Hochschule und Universität  
Offizieller Account des Instituts für Technik der Informationsverarbeitung am  
@kitkarlsruhe  
[www.itiv.kit.edu/impressum.php](http://www.itiv.kit.edu/impressum.php)

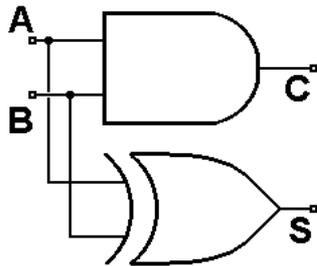
Termine    Aktivitäten    Veranstaltu...    Jobs    Veranstaltu...    Veranstaltu...

BEITRÄGE    MARKIERT

Grid of 6 posts:

- 1. A man speaking at a podium with a large screen behind him.
- 2. Two people, a man and a woman, engaged in a conversation.
- 3. A lecture hall with a screen displaying '5G' and '6G'.
- 4. A group of seven people standing together outdoors.
- 5. A man walking along a path next to a lake.
- 6. A person looking out of a window with a grid pattern.

## Digitale Schaltungen

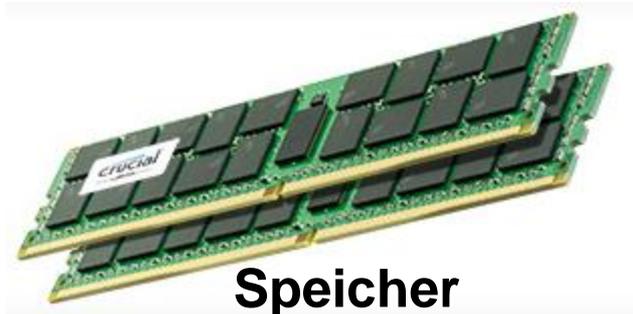


## Prozessortechnik



Quelle: chip

## Bits und Bytes...



## Speicher

Quelle: chip

## Dualzahlen

01001001  
10011111  
11100000

Man nehme Sand. Es ist eine der am besten verfügbaren Ressourcen.



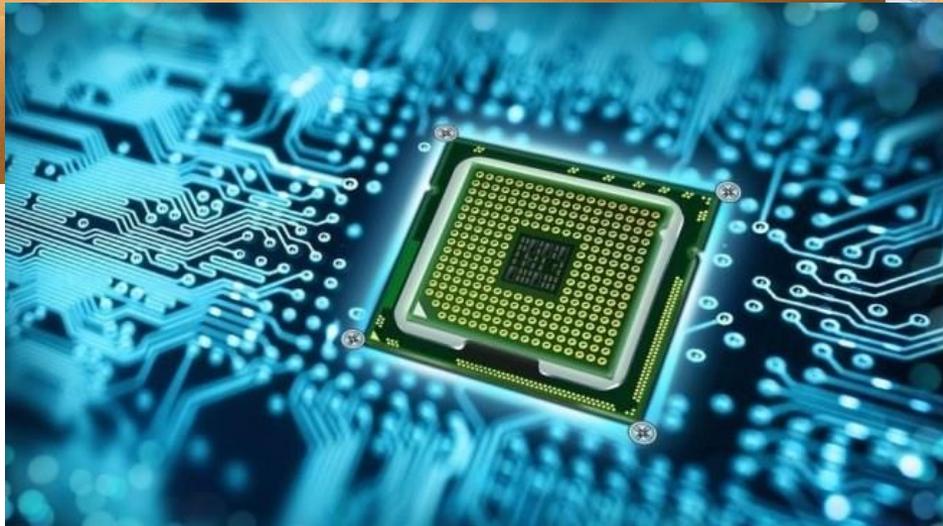
## Mikroelektronik ...

### *Von Sand zum Chip*



Man prozessiere es durch einen Reinraum ...

Quelle: heise



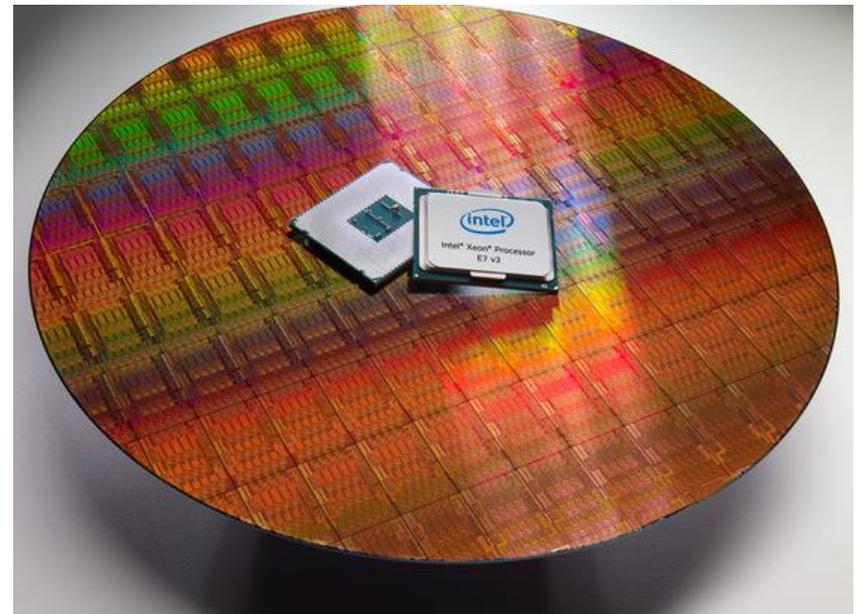
Quelle: wfcnd

... und man hat etwas, das Milliarden Dollar wert ist.

## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik

### Mikroelektronik

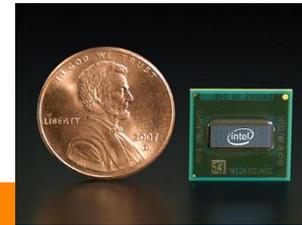
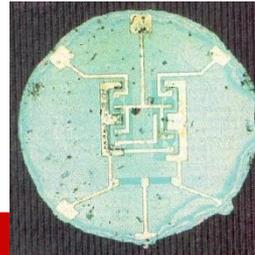
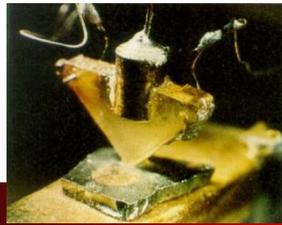
- Schlüsselbausteine für informationsverarbeitende Systeme
- Informatik
- HF-Technik, Mobilfunk, Satellitentechnik
- Technik von Kommunikationsgeräten



Quelle: images.techive.com

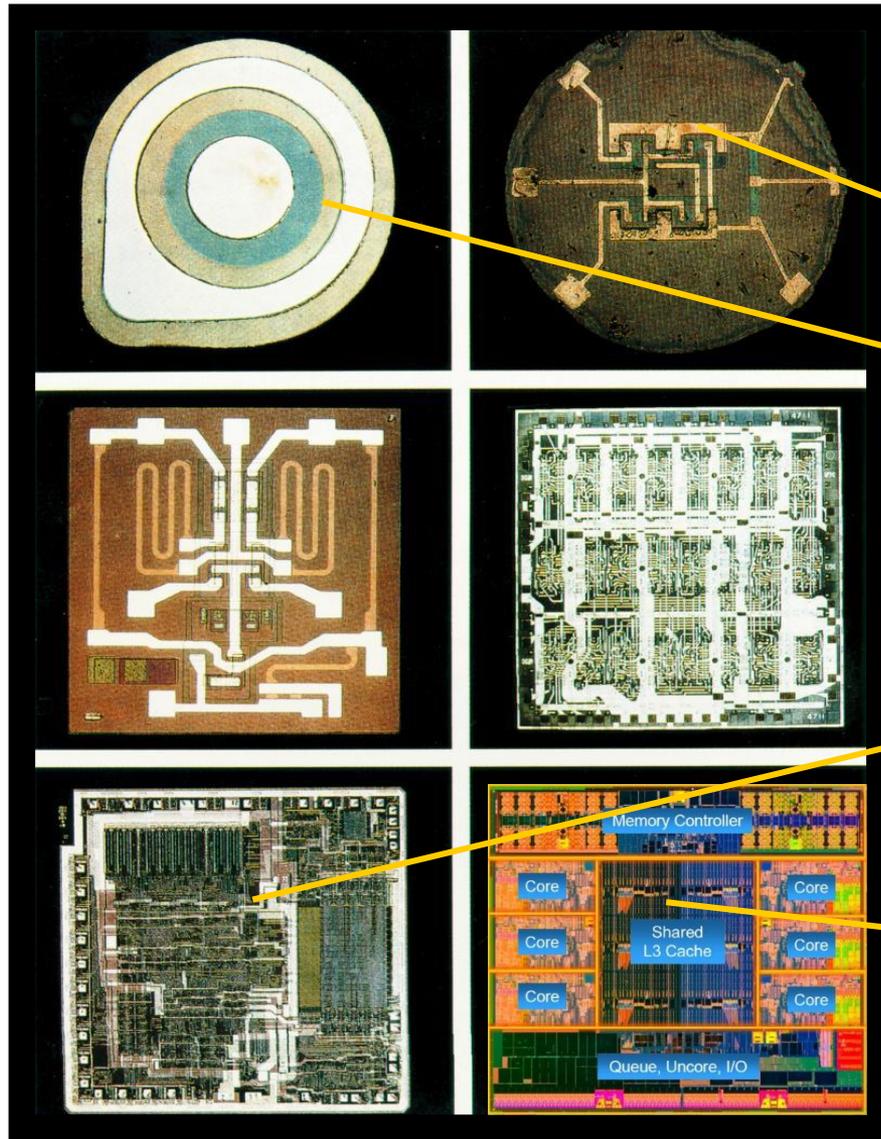
## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik

### Mikroelektronik



### Geschichtliche Entwicklung

- Die Vakuumdiode wurde von Fleming 1904 erfunden.
- 1906 baute Pickard eine Diode durch die Erzeugung eines Punktkontaktes zu einem Siliziumkristall.
- Deforest erfand die Triode 1906
  - Dritter Anschluß einer Triode ermöglicht Verstärkung
  - Gute Isolation zwischen Eingang und Ausgang
- Ohl entwickelt den PN-Übergang 1940

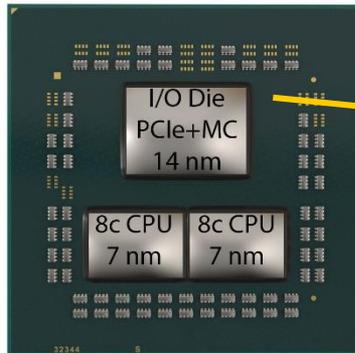


erste integrierte Schaltung 1961

erster Transistor 1947

erster Mikroprozessor 1971  
(Intel 4004, 2300 Transistoren)

Heutiger Prozessor  
(~3.5 - 7 Milliarden  
Transistoren)

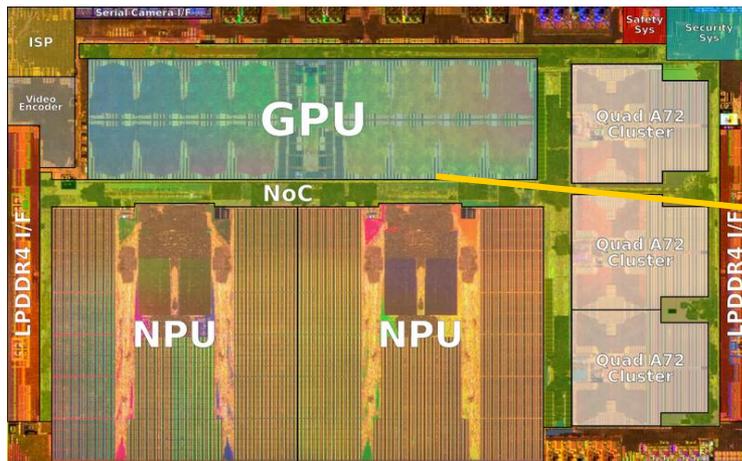


AMD Ryzen 300

## AMD Ryzen 300

Chiplet ~ 6 Milliarden Transistoren  
2 CPU Dies + 1 I/O Die

14 nm-FinFET Globalfoundries



[https://en.wikichip.org/wiki/tesla\\_\(car\\_company\)/fsd\\_chip](https://en.wikichip.org/wiki/tesla_(car_company)/fsd_chip)

## Tesla Full Self Driving Chip

~ 6 Milliarden Transistoren  
12 ARM Cores

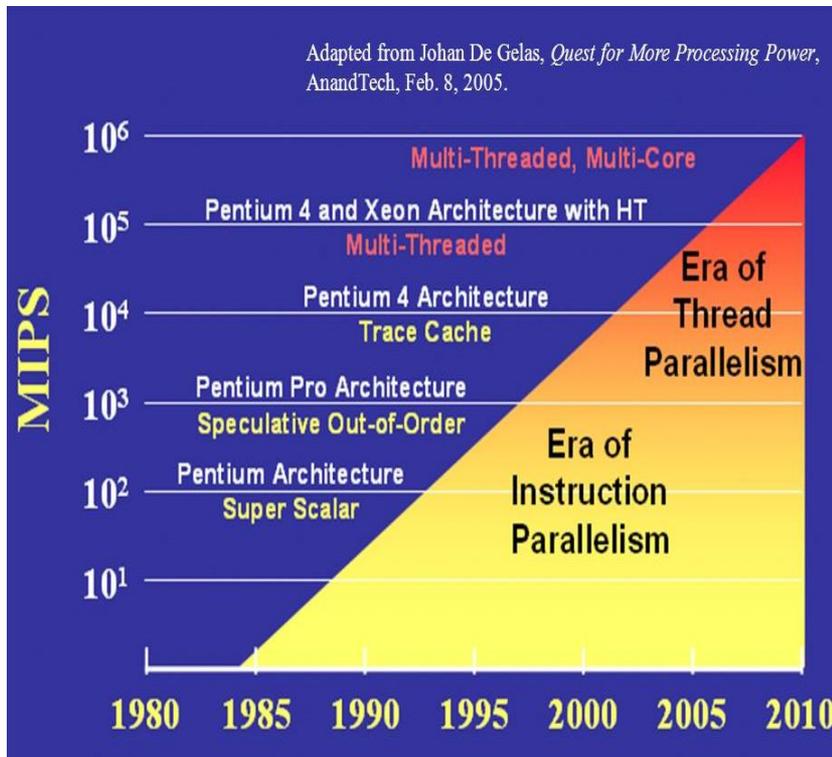
1 GPU

2 NPU (Neural Processing Units)

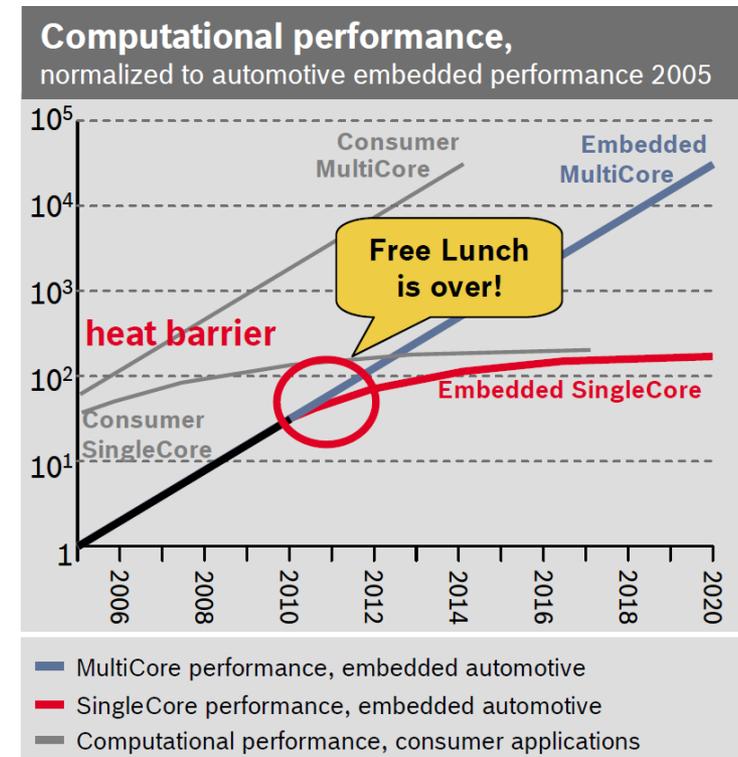
14 nm-FinFET Samsung



# Zukünftige Herausforderungen



(1).



(2).

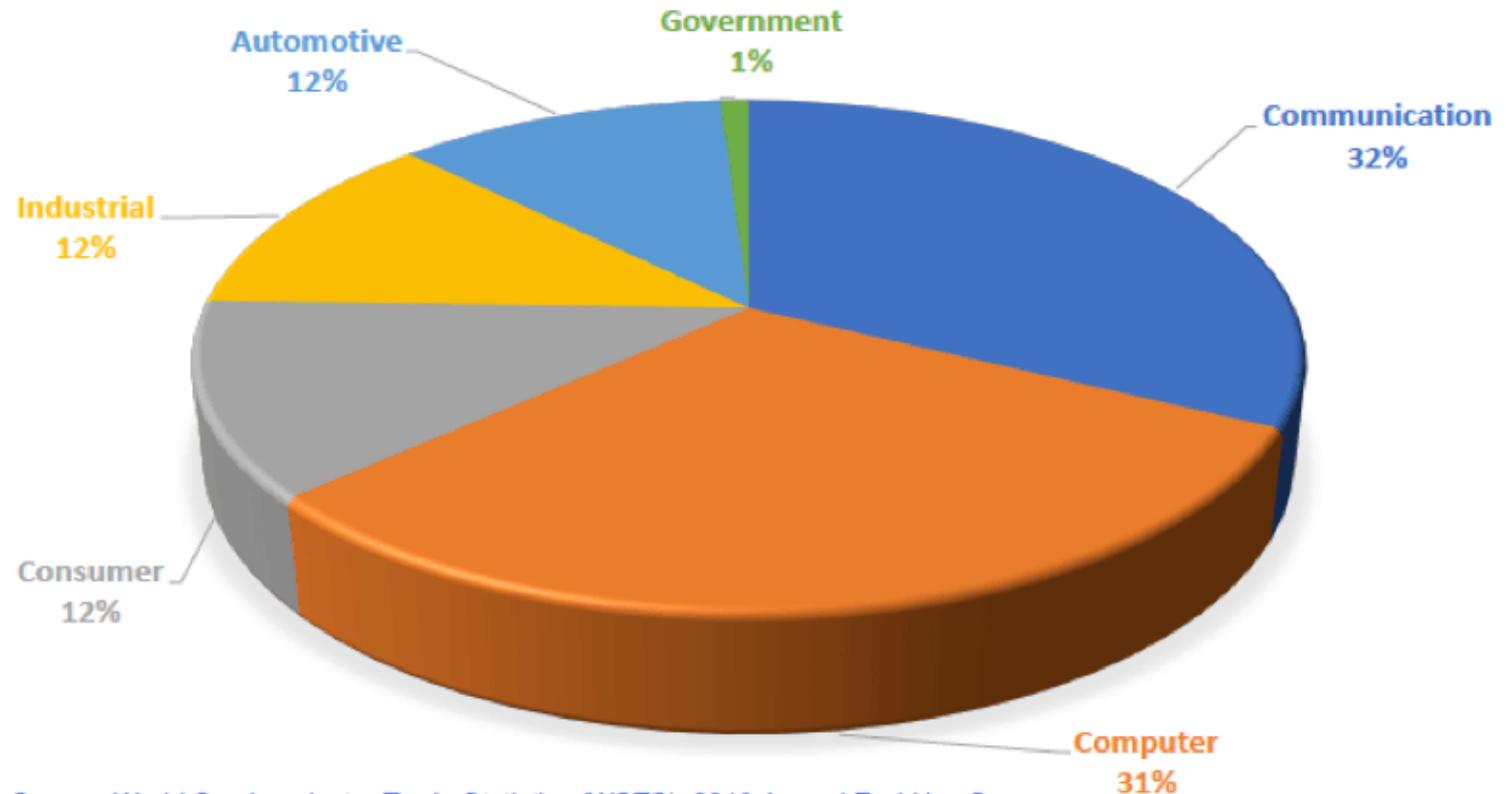
- Physikalische Grenzen verhindern weitere Singlecore-Skalierung
- Neue Multicore-Architekturen und –Konzepte müssen Performanzskalierung vorantreiben

(1) Johan De Gelas. *The Quest for More Processing Power, Part One*. 2005.

(2) J. Haerdlein. *The Challenge of Mastering Parallelism in Real-Time Systems*. 2014.

## 2018 SEMICONDUCTOR DEMAND DRIVERS

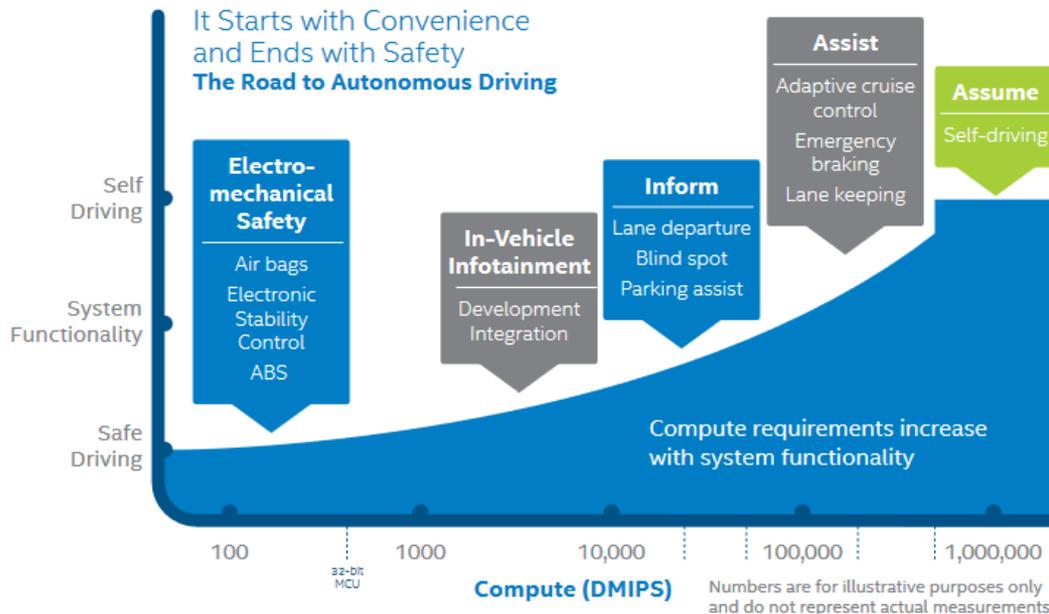
2018 Total Global Semiconductor Market: \$469 Billion  
Percent of Semiconductor Demand (\$), by Major End Use



Source: World Semiconductor Trade Statistics (WSTS), 2018 Annual End-Use Survey.

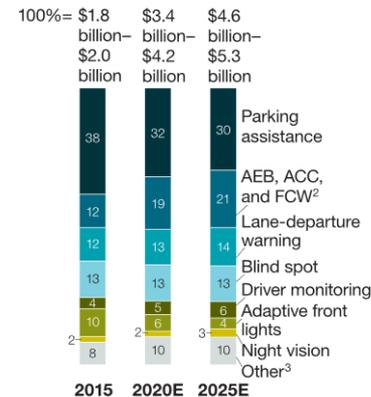
# Zukunftsmarkt Fahrerassistenzsysteme

For semiconductor companies, processors and optical semiconductors are expected to account for most hardware revenues for advanced driver-assistance systems in 2025.

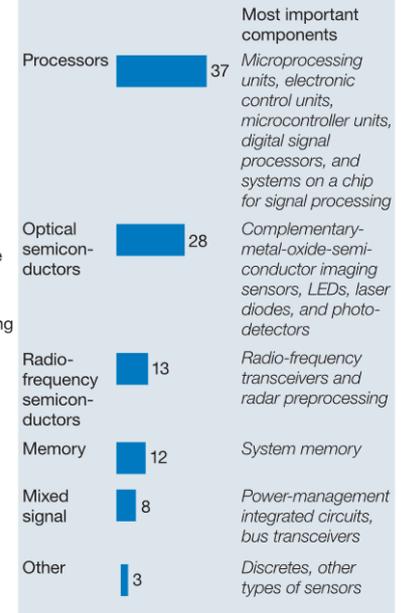


(1).

Semiconductor revenue in advanced driver-assistance systems per application, %<sup>1</sup>



Semiconductor revenue distribution on device types in 2025, %<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Figures may not sum to 100%, because of rounding.

<sup>2</sup>Autonomous emergency braking, adaptive cruise control, and forward-collision warning.

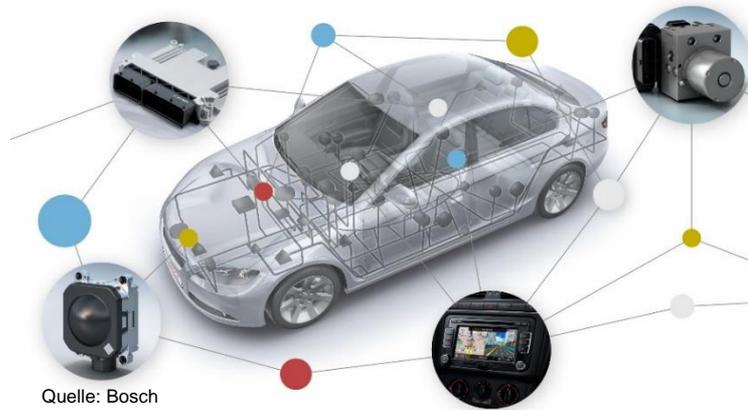
<sup>3</sup>Includes, among other categories, back-side monitoring and traffic-signal recognition.

McKinsey&Company

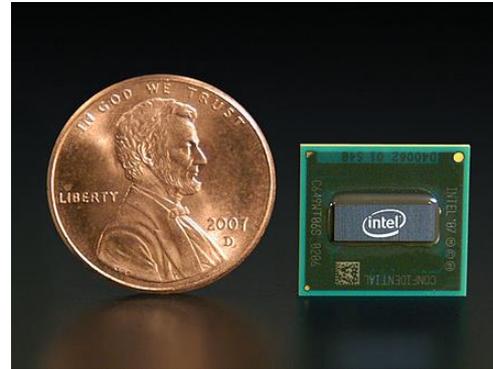
- Zunehmende Automatisierung des Fahrens erfordert immer mehr Rechenleistung
- Automobil wird zunehmend zum „eingebetteten Rechenzentrum“

(1) <https://www.intel.com/content/www/us/en/automotive/driving-safety-advanced-driver-assistance-systems-self-driving-technology-paper.html>

## Digitale Mikroelektronik: Beispiele aus unserer täglichen Umgebung



Was ist  
eigentlich  
Elektrotechnik u.  
Informationstechnik ?



Quelle: notebookcheck

Mikroelektronik  
Mikrosystemtechnik  
Automobilelektronik



Quelle: automotivzeit

Industrieautomatisierung  
Regelungstechnik

Moderne Verfahren  
für Medizin- und  
Umweltechnik





Quelle: leifiphysik

Energieversorgung

Hochspannungstechnik

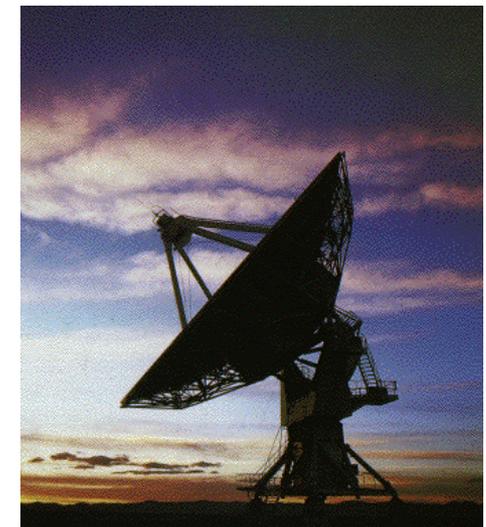
Elektromaschinen

Elektromechanik



Quelle: salesforce

Satellitentechnologie  
Technische Informatik  
Audio- und  
Fernsehtechnik



Kommunikationstechnologie

## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik

### Informationstechnik

- Softwaretechnik
- Micro- / Optoelektronik
- Hochleistungsrechner
- Multimediaetechnologie
- Speichertechnik
- Signalprozessoren
- Datenspeicher
- Bioinformatik
- Eingebettete Systeme



Quelle: wordpress

## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik

### Was ist die Aufgabe der Nachrichtentechnik?

- Übertragung, Vermittlung und Verarbeitung von Nachrichten
- Modernes Bild der Nachrichtentechnik: Kommunikationstechnik
  - **Stichworte:** Internet, Handy, Mobile Computing (Laptop), Satellitentechnik

Nachrichtentechnik soll Kommunikation zwischen Menschen (und Maschinen) unterstützen, erleichtern, oder überhaupt erst ermöglichen!



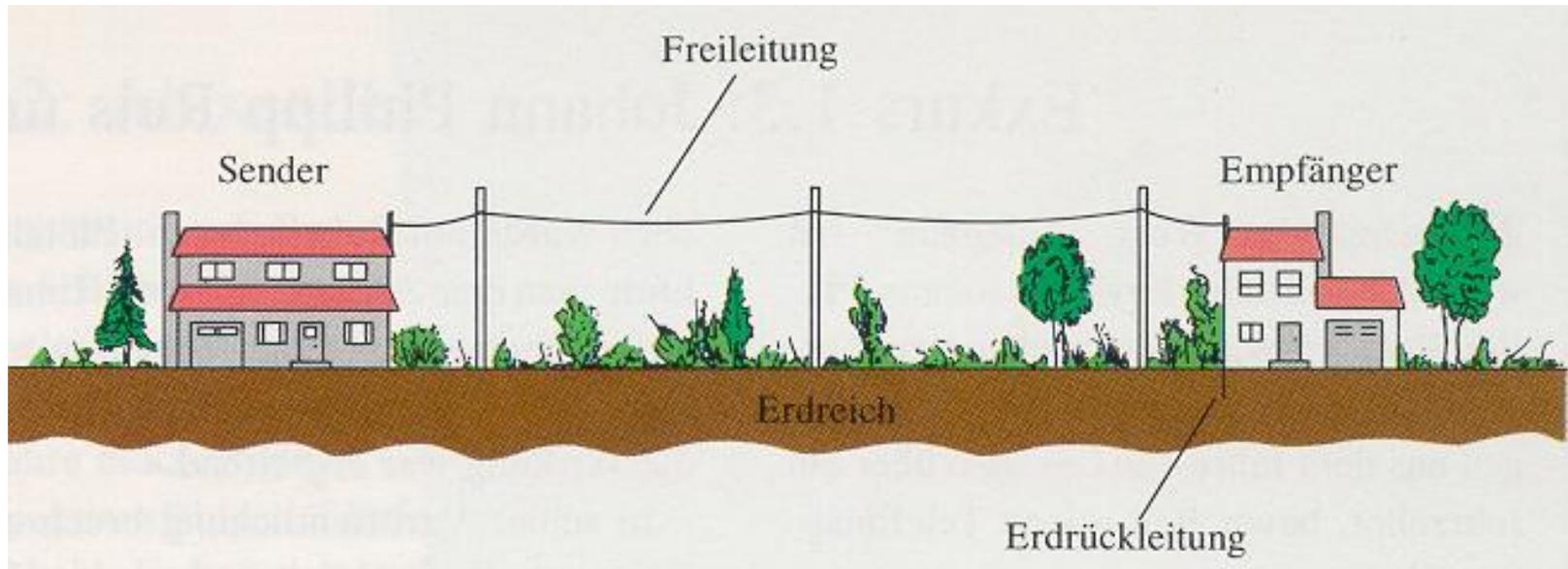
## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik



### Telegrafie und Telefon

- In der Anfangszeit der **Telegrafie** brachte noch ein Bote die guten oder schlechten Nachrichten ins Haus
- Heute werden **Telegramme** telefonisch oder als Postsendung zugestellt
- Das **Telefon** wurde zu einer ernsthaften Konkurrenz zum Briefverkehr
- Das Arbeiten in Hochhäusern wurde überhaupt erst effizient möglich (Rohrpost und Boten wurden ersetzt)

## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik



### Die ersten Telefonverbindungen

- Die einfachste Telefonverbindung besteht aus einer einzigen Freileitung, die den Sender mit einem geerdeten Empfänger verbindet. Das leitende Erdreich ersetzt den zweiten Draht und schließt den Telefonstromkreis.

## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik

### *Kommunikations- und Nachrichtentechnik*



- **Morsetaste** wurde 1844 im Telegrafendienst zwischen Washington und Baltimore eingesetzt (Samuel Finley Breese Morse: 1791-1872)
- **Telefon:** 1861 führte Johann Philipp Reis (1834-1874) den von ihm erfundenen Apparat auf einer Sitzung des Physikalischen Vereins in Frankfurt öffentlich vor (15 Jahre vor dem Patent von Bell, der in einer Liste über 20 Vorerfinder des Telefons genannt, darunter auch Reis)
- **Satellitenübertragung:** 1960 startete die NASA den ersten Echo-Ballonsatellit, mit dem nachgewiesen wurde, dass eine satellitengestützte transkontinentale Sprachübertragung möglich ist

## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik



### Samuel Finley Breese Morse (1791-1872)

- Morse war der erste, der die Idee eines elektrischen Telegrafen hatte, welcher mit einem einzigen elektrischen Stromkreis arbeitete und der die Nachrichten mit Hilfe eines Signalcodes, dem Morsealphabet, übermittelte
- Konstruiert wurde sein Telegraf allerdings von Leonard Gale und Alfred Vail

## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik

### Sir James Clerk Maxwell (1831-1879)



- Der schottische Physiker vereinigte die in Raum und Zeit veränderlichen elektromagnetischen Phänomene zu einer einheitlichen Theorie
- Die nach ihm benannten Maxwell'schen Gleichungen sagen aus, daß ein veränderliches elektrisches Feld ein Magnetfeld erzeugt und daß ein veränderliches magnetisches Feld seinerseits ein elektrisches Feld hervorruft

## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik



### Heinrich Hertz (1857-1894)

- In den Jahren 1886 bis 1891 führte der deutsche Physiker Heinrich Hertz an der Technischen Hochschule in Karlsruhe eine Reihe von Experimenten durch, mit denen er nicht nur die Existenz elektromagnetischer Wellen beweisen konnte, sondern auch zeigte, daß diese ähnlich wie Lichtwellen reflektiert, gebrochen und fokussiert werden können

## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik



### **Guglielmo Marconi (1874-1937)**

- Marconi war der erste, der die von Maxwell vorhergesagten und von Hertz nachgewiesenen elektromagnetischen Wellen praktisch nutzte. Er erfand die drahtlose Telegrafie.
- 1895: Marconi gelingt die erste Funkübertragung

## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik



### Alexander Graham Bell (1847-1922)

- 1876 ließ Bell sich in den USA den Telefonapparat patentieren

## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik

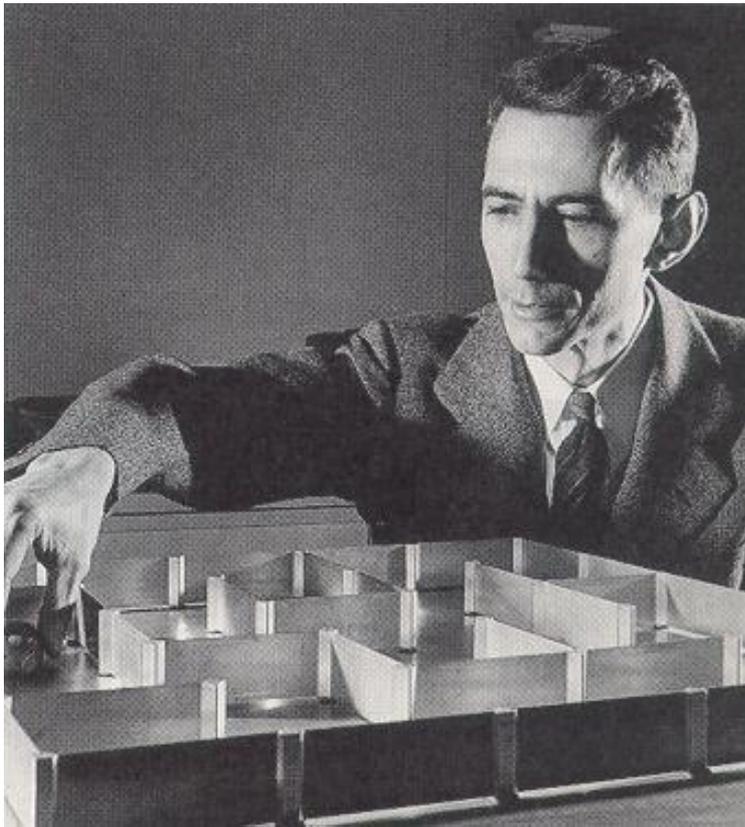


### Jean Baptiste Joseph Fourier (1768 - 1830)

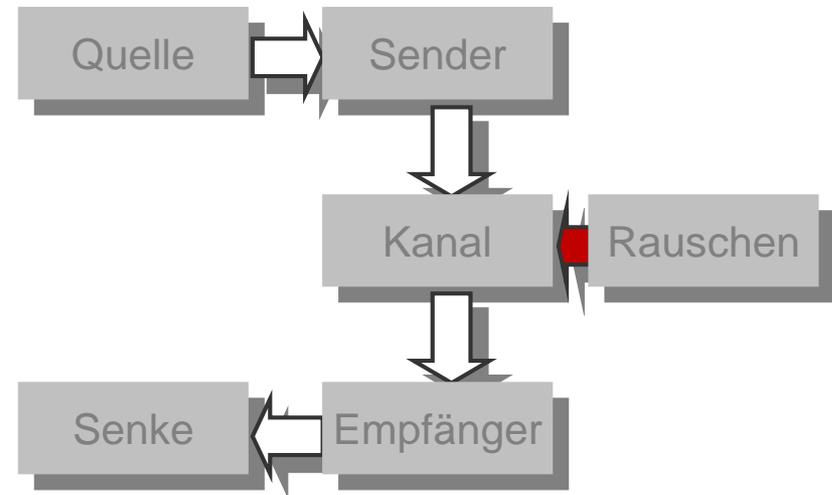
- Anfang des 19. Jahrhunderts stellte Fourier fest, dass sich jedes räumlich oder zeitlich veränderliche Signal durch einen Satz einfacher Wellen mit verschiedenen Frequenzen darstellen lässt.
- Jedes Signal kann man sich als Summe von sinusförmigen Wellen vorstellen, deren Frequenzen innerhalb eines bestimmten Bereichs liegen.

## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik

**Claude Elwood Shannon (geb. 1916)**



– Begründer moderner Informationstheorie



Blockdiagramm des  
Kommunikationsprozesses

## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik

### Was ist das Internet?

- Der Vorläufer des Internet (das ARPAnet) entstand vor ziemlich genau 30 Jahren: im September 1969 in den Laboratorien der University of California Los Angeles (UCLA)
- Verbindung von heterogenen Netzwerken (inter-net)
- Netzwerk, welches das Internet Protocol (IP) verwendet
  
- Beispielhaft sei genannt:  
Leonard Kleinrock (einer der Väter des Internet)



## Schlüsseltechnologien in der Elektro-/Informationstechnik

### Beispiel für moderne Nachrichtentechnik: MPEG

- Datenkompression und Standards
- Wurzeln wieder bei Shannon
- Moving Picture Experts Group
- Standardisierungsräum der ISO
- MPEG-1 (inklusive mp3)
- MPEG-2
- MPEG-4
- MPEG-7
- Vorsitzender: Leonardo Chiariglione



## Mikroelektronik ...

### Auswirkungen der Mikroelektronik auf die Gesellschaft

Konsumelektronik, Automobile, Flugzeuge, Weltraumprogramme... viele Produkte sind nur mit Mikroelektronik realisierbar.

Computer, medizinische Ausrüstung, Kommunikationstechnik, Unterhaltung... vielen Industriezweigen bieten sich wegen der Mikroelektronik völlig neue Perspektiven.

Selbst mit Produkten und Serviceleistungen, die direkt keine Mikroelektronik beinhalten, können Firmen nicht ohne Mikroelektronik im Wettbewerb bestehen: Produktionsautomatisierung, Management, Logistik...



Quelle: autonomes-fahren



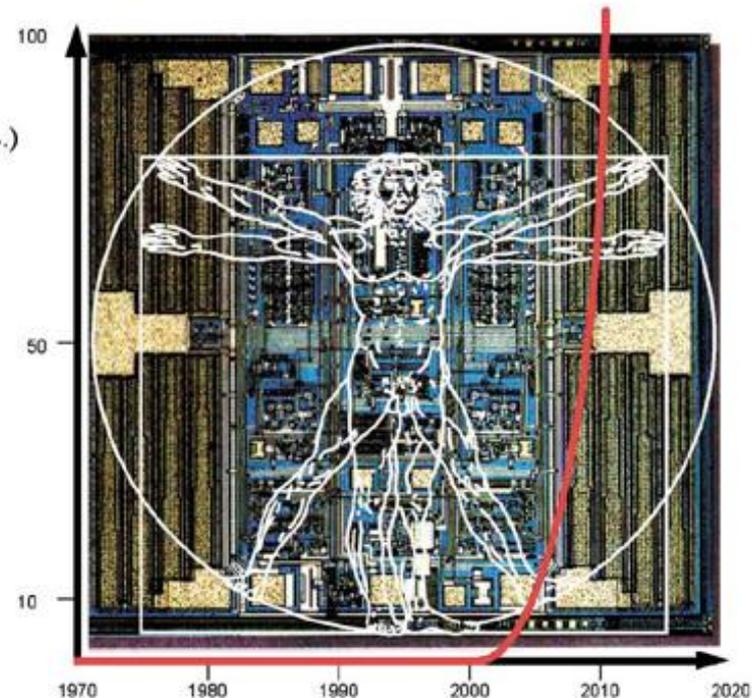
Quelle: arm



Quelle: medizin-und-technik

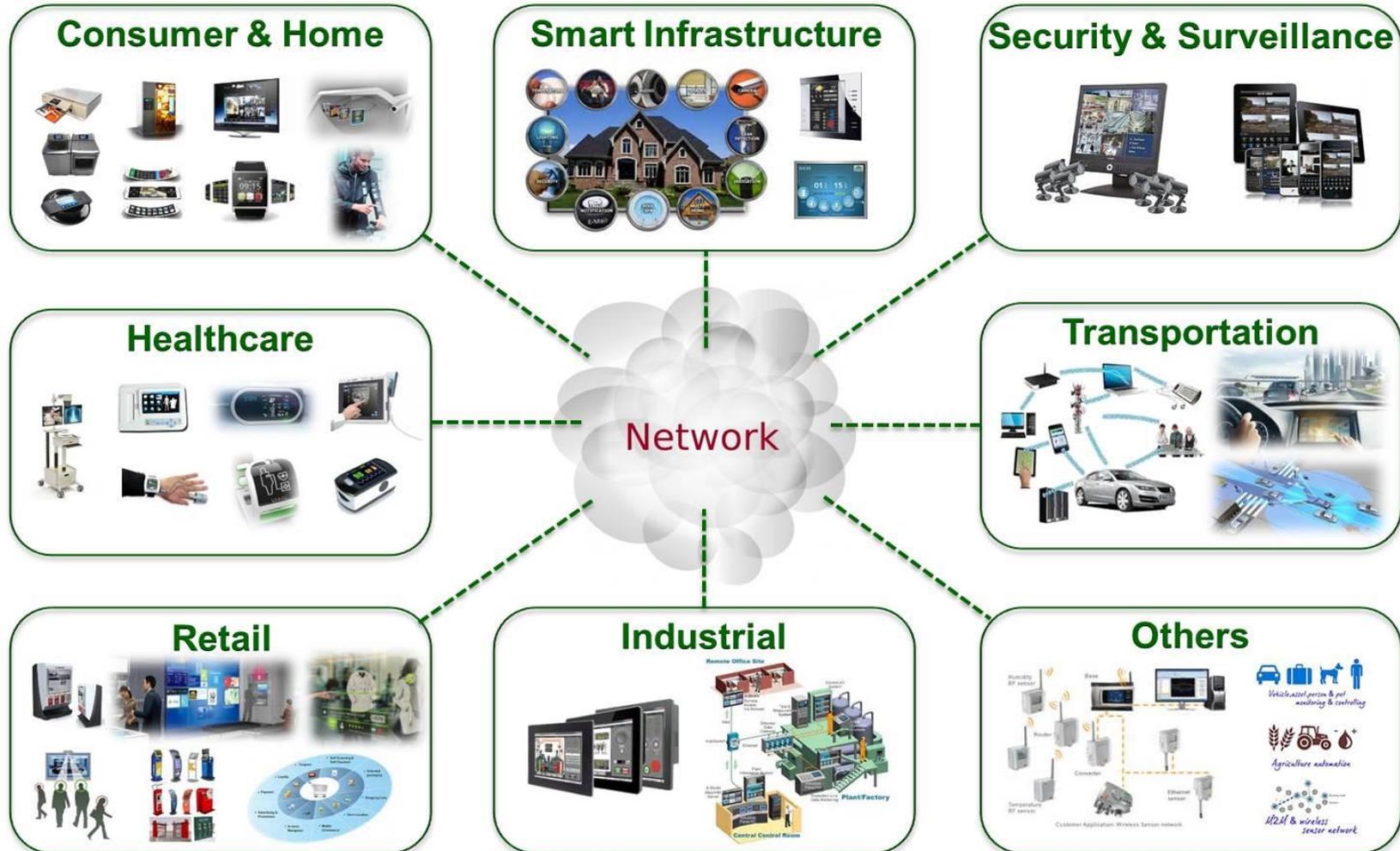
## Mikroelektronik und Software werden die Welt nachhaltiger verbessern als jede Technik zuvor

- Die Mikroelektronik wird aller Voraussicht nach auch in den nächsten 10 – 15 Jahren so rasant weiterwachsen wie bisher.  
(Ca. 2 x schneller als der Rest des Elektromarktes.)
- Das bedeutet:  
**Exponentielles Wachstum für weitere 10 – 15 Jahre!**  
(Im wesentlichen ein exponentielles Wachsen von „technischer Intelligenz“.)
- Diese „technische Intelligenz“ eröffnet Chancen zur Lösung gravierender Probleme in fast allen Lebensbereichen:  
**Medizin, Verkehr, Umwelt, Energie, Kommunikation, Information, Arbeit, ...**



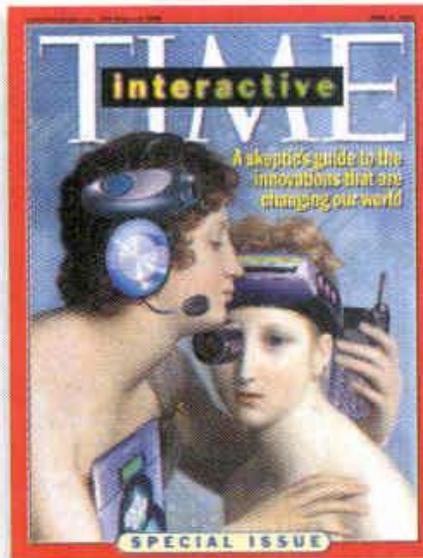
# VDE

## Digitale Mikroelektronik: Beispiele aus unserer täglichen Umgebung



Vivante and the Vivante logo are trademarks of Vivante Corporation. All other product, image or service names in this presentation are the property of their respective owners. © 2013 Vivante Corporation

**TIME** JULY 2, 2001/VOL. 158 NO. 1



## Our Interactive World

“How long can technology maintain the illusion that connectivity, jazzy graphics and gadgets are solutions to the world’s problems?”

RUSHABH A. MEHTA  
*Mumbai, India*