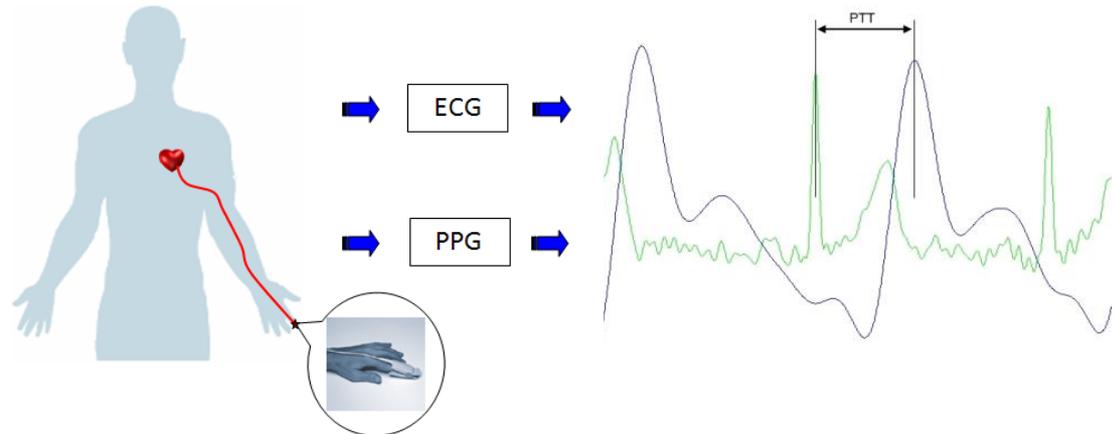


Vorlesung Mikrosystemtechnik Teil 2: Grundlagen

Dr. Stefan Hey

Institut für Technik der Informationsverarbeitung



Gliederung

- Definition und Begriffsbestimmung
- Beispiele für Mikrosysteme
 - Allgemeine Beispiele
 - Mikrosysteme in der Ophthalmologie
 - Medizinische Anforderungen und Lösungen
 - Mikrosysteme im Health-Monitoring
 - Wirtschaftliche Herausforderungen im Gesundheitswesen
 - Potentiale und Visionen der Mikrosystemtechnik
 - Mikrosysteme in der Automobiltechnik
- Materialien der Mikrosystemtechnik
 - Silizium
 - Herstellung
 - Verarbeitung
 - Reinraumtechnik
 - Sonstige Materialien der Mikrosystemtechnik

DEFINITION UND BEGRIFFSBESTIMMUNG

Definition der Mikrosystemtechnik

- Nach Wikipedia:

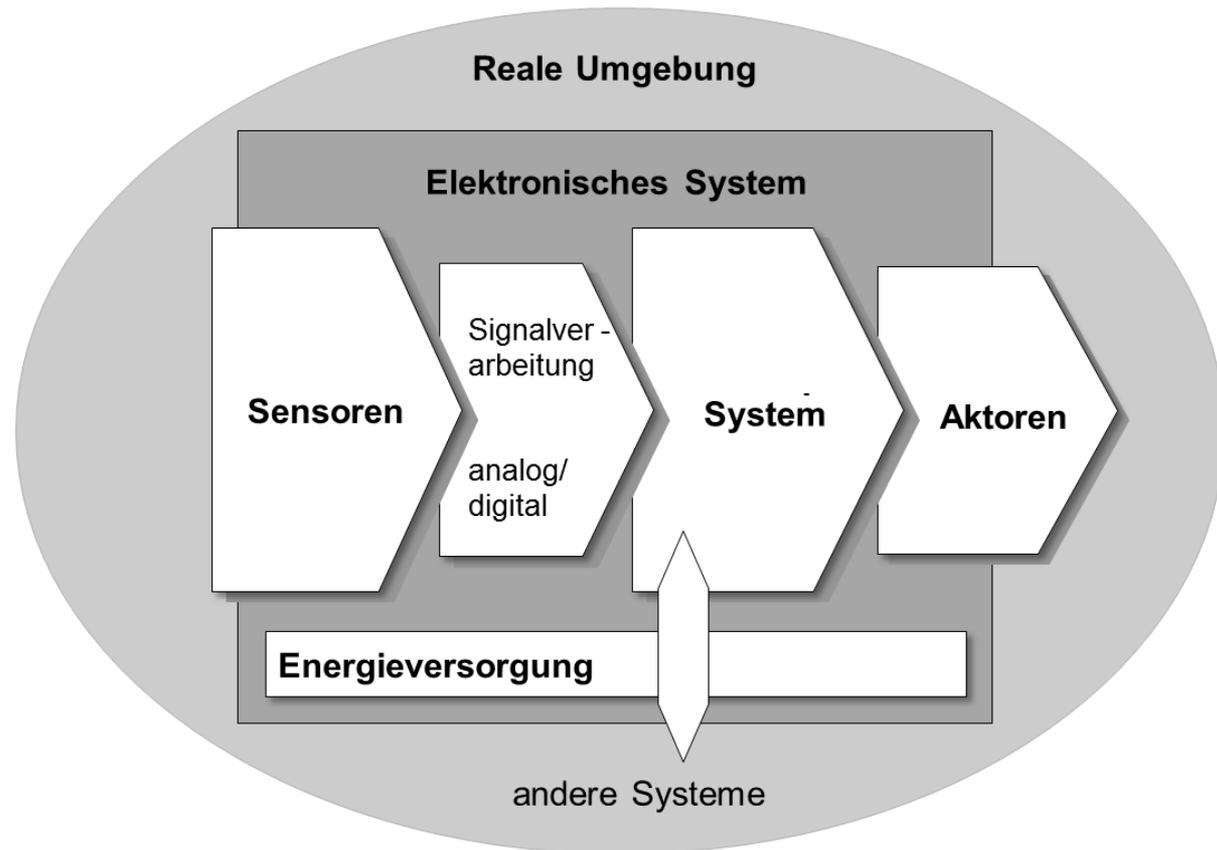
Die Mikrosystemtechnik (...) beschäftigt sich mit der Entwicklung und Herstellung von Mikrosystemen. Dabei werden beispielweise mikromechanische oder mikrooptische Bauelemente mit mikroelektronischen Schaltung in einem komplexen System kombiniert und integriert

- Meine Definition eines Mikrosystems (etwas allgemeiner)

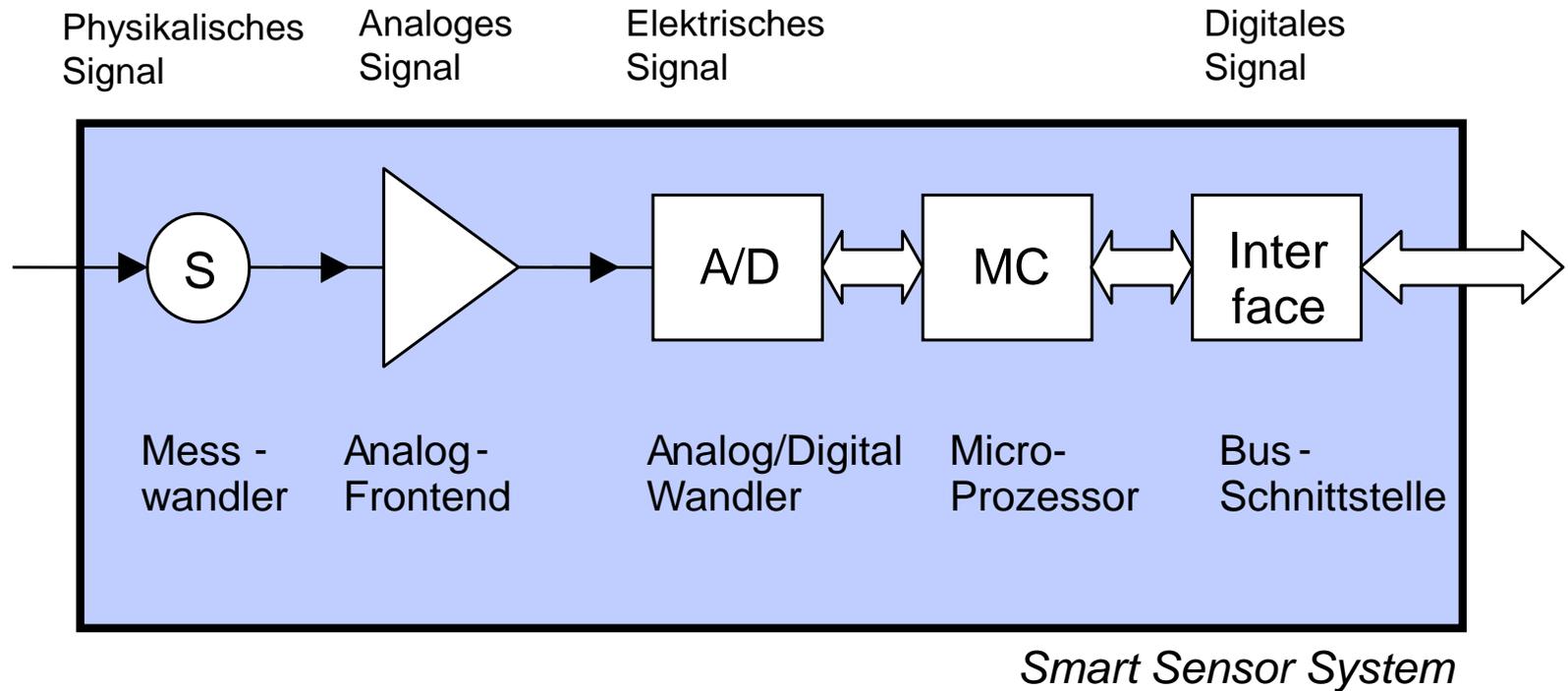
Ein Mikrosystem ist ein System, zu dessen Herstellung wenigstens **zwei verschiedene Mikrotechniken** eingesetzt werden und das Funktionselemente mit **Strukturgrößen im Mikrometerbereich** besitzt.

Begriffe der Mikrosystemtechnik

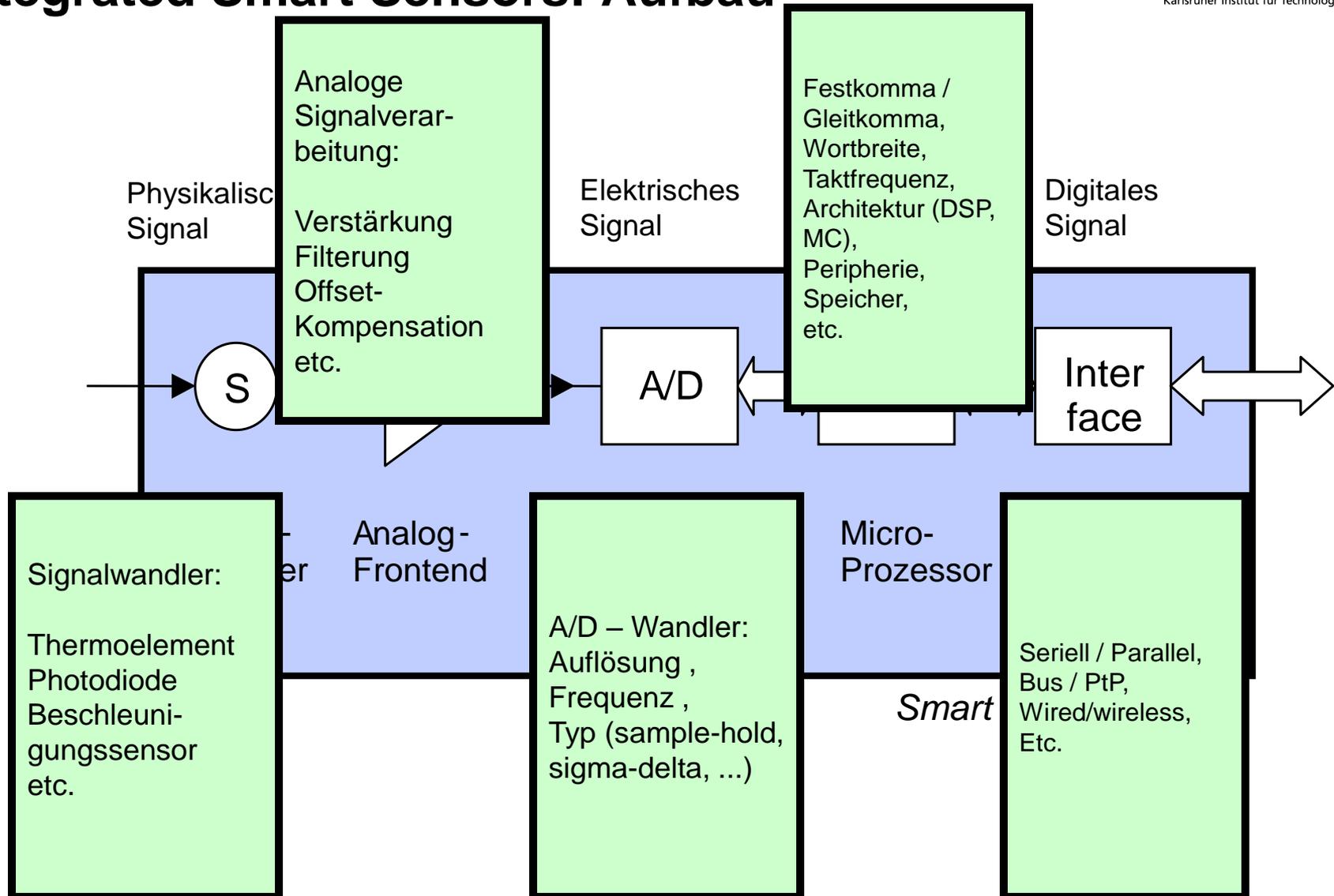
- Genereller Aufbau eines Mikrosystems
- In Mikrosystemen wirken Sensoren, Aktoren und Datenverarbeitung zusammen.



Integrated Smart Sensors: Aufbau



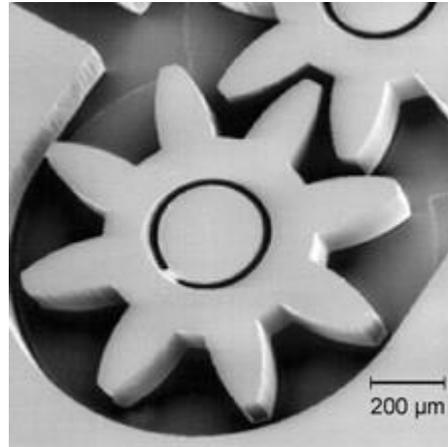
Integrated Smart Sensors: Aufbau



Begriffe der Mikrosystemtechnik

- Mikrotechniken:

- Mikromechanik

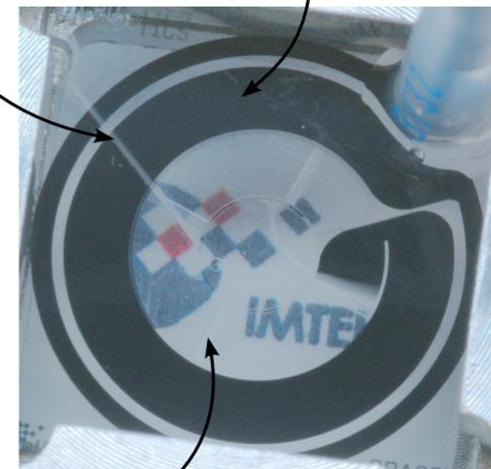
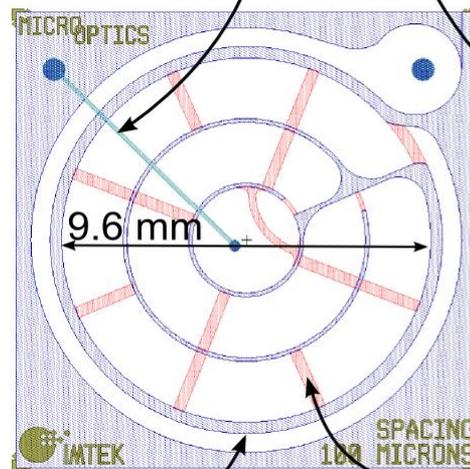


- Mikrofluidik

Buried microfluidic channel

Pigment dispersion

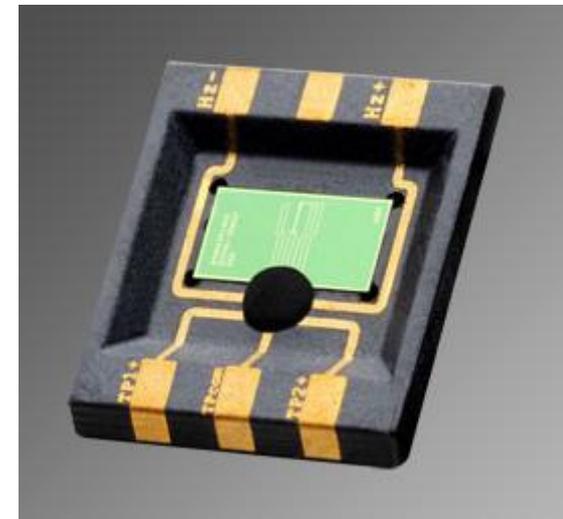
- Mikrooptik



- Mikroelektronik

Begriffe der Mikrosystemtechnik

- Integration von Mikrosystemen:
 - monolithisch
 - Hybrid
(Strömungssensor zur
Luftmengenregelung)
 - fluidische, mechanische und
elektrische Funktionsintegration

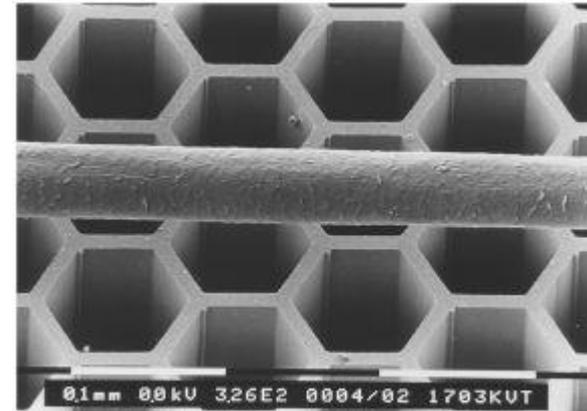


Quelle: 2e-mechatronic)

Begriffe der Mikrosystemtechnik

- Fertigungstechniken:
 - Dünnschichttechnik
 - Ätztechnik
 - Abformtechnik (LIGA)

- Werkstoffe:
 - Halbleiter
 - Metalle
 - Keramik
 - Kunststoffe
 - und viele mehr



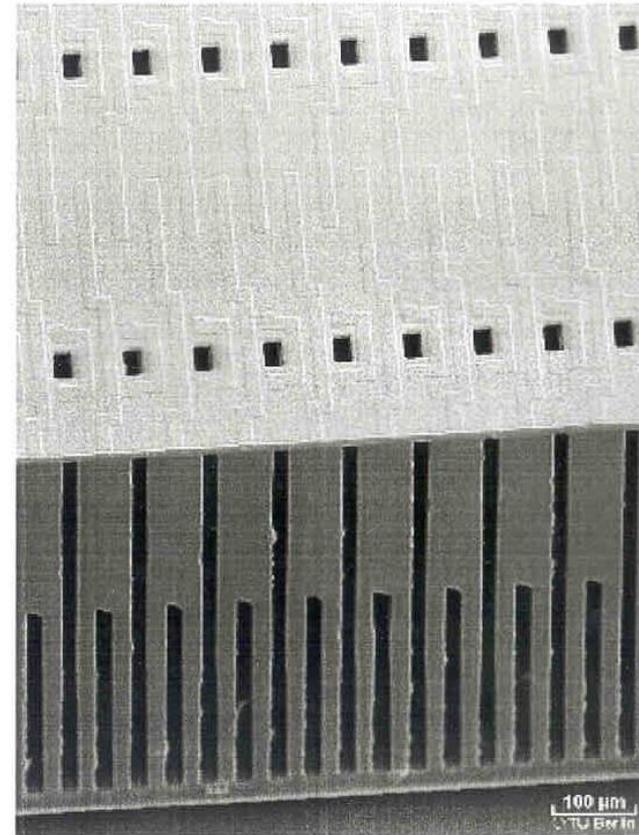
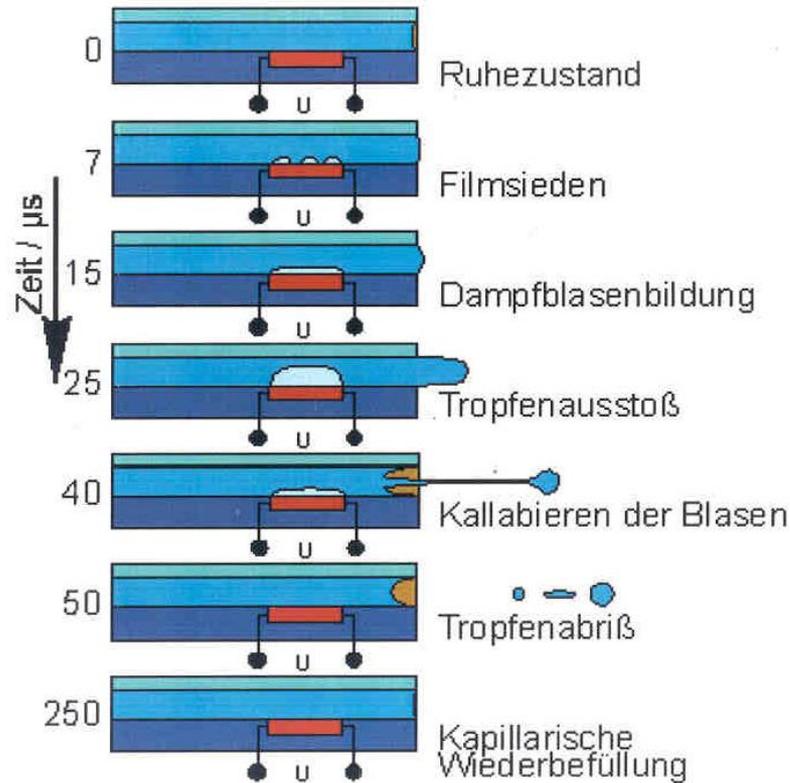
Mikrofilter in LIGA-Verfahren

Begriffe der Mikrosystemtechnik

- Anwendungen von Mikrosystemen
- Wer kennt Beispiele aus dem Alltag?

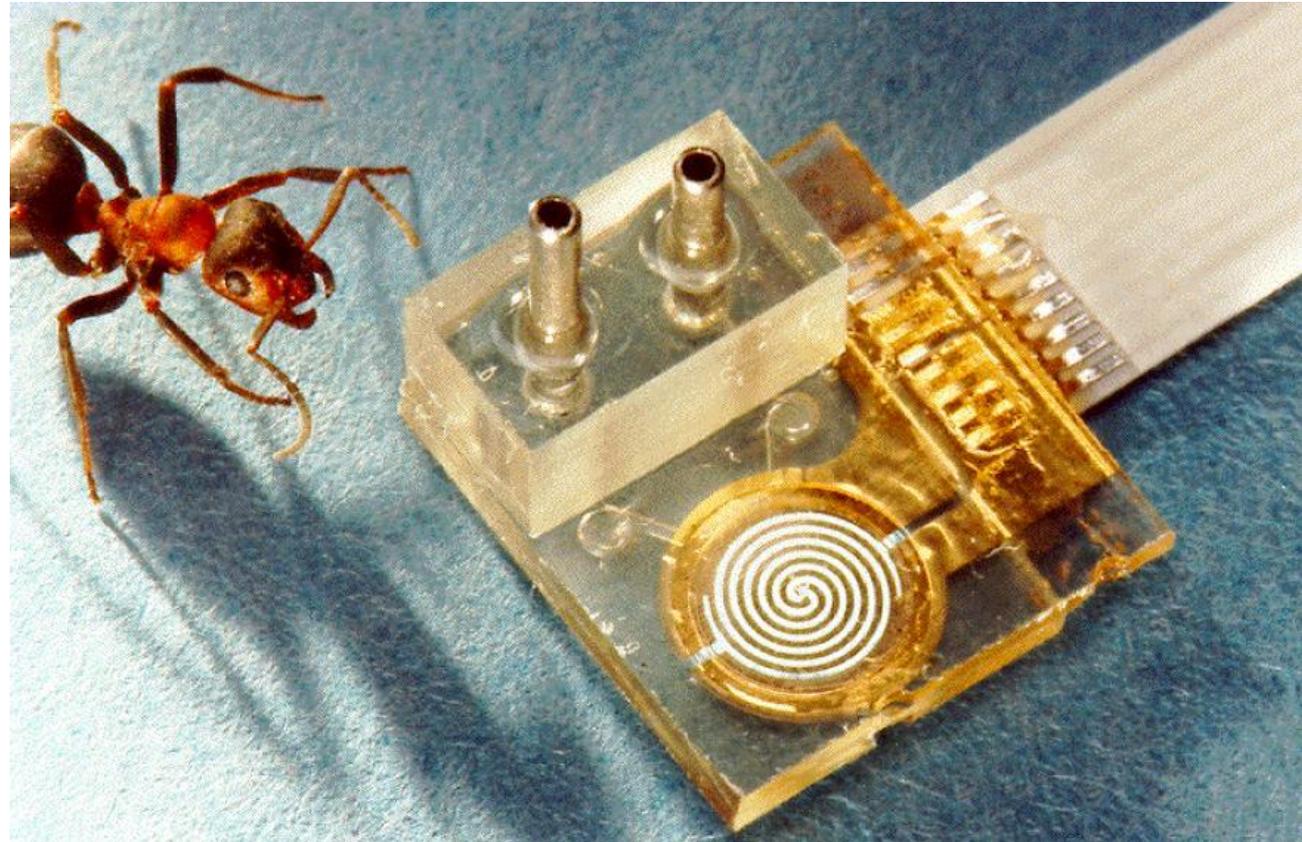


Tintenstrahldrucker

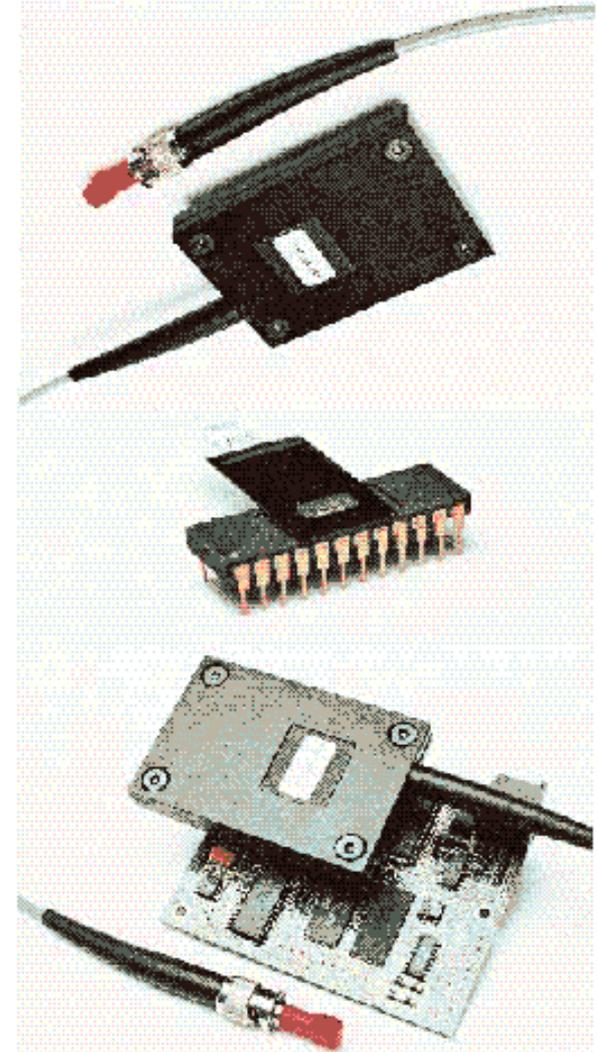
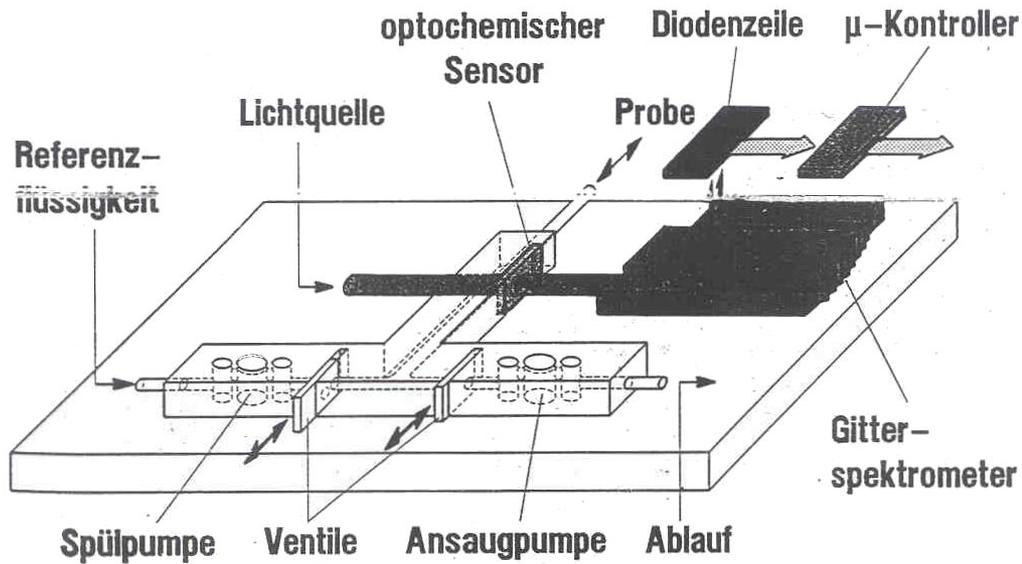


Mikromembranpumpe

Mikromembranpumpe, zentrale Komponente eines Mikrofluidsystems. Ihre Herstellung erfordert die Beherrschung mehrerer Mikrotechniken.
Quelle: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (FZK)



Optischer Schadstoffanalysator





Phonak: Hörgerät

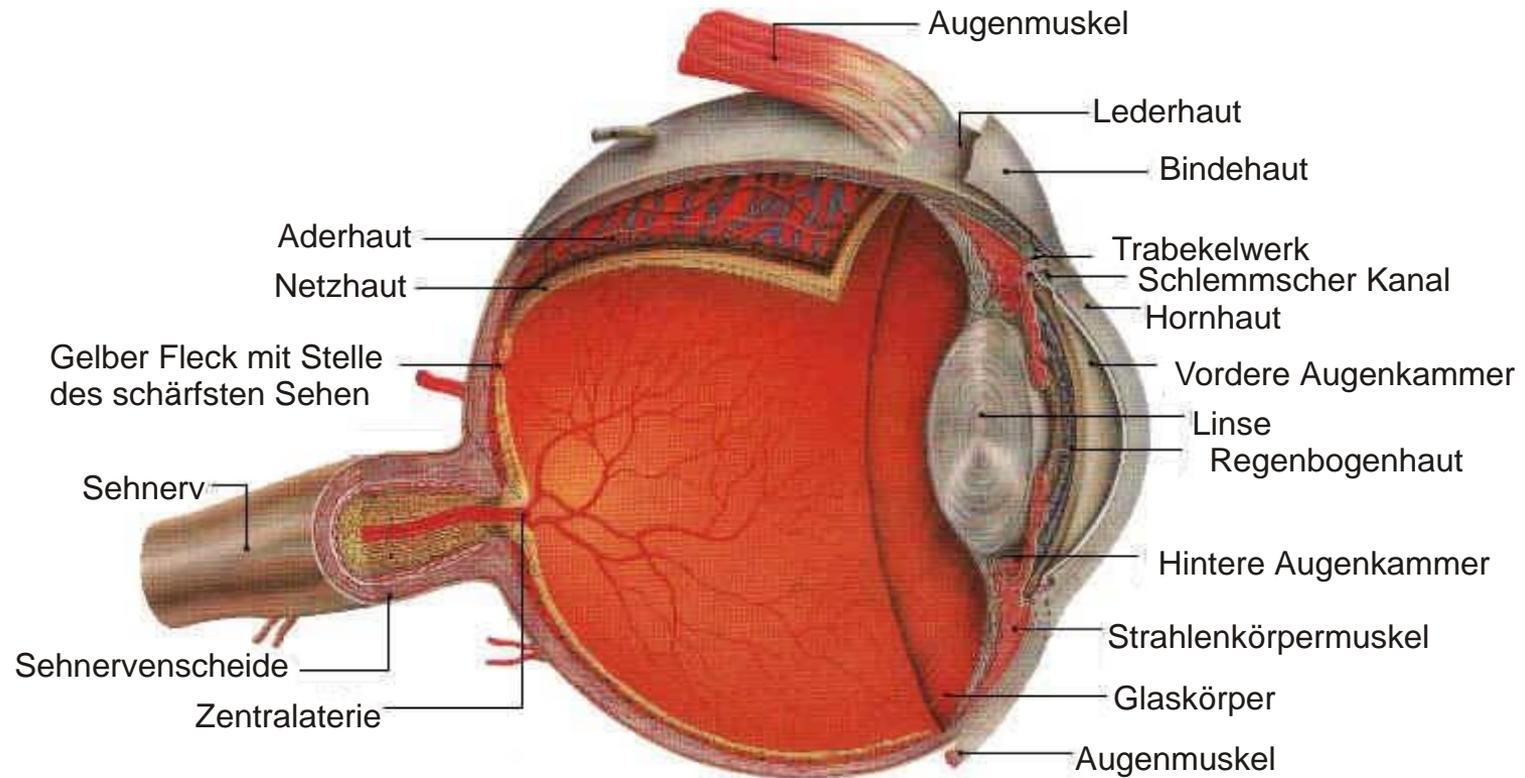


Biotronik: Herzschrittmacher



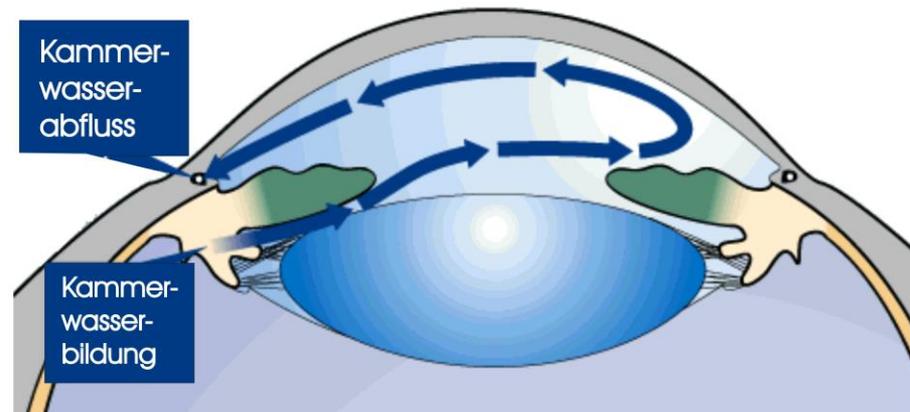
IR-Ohrthermometer

Mikrosystemtechnik in der Ophthalmologie



Mikro-optisches Tonometer

- Warum Augeninnendruckmessung ?
 - Hauptursache für Glaukomerkrankung

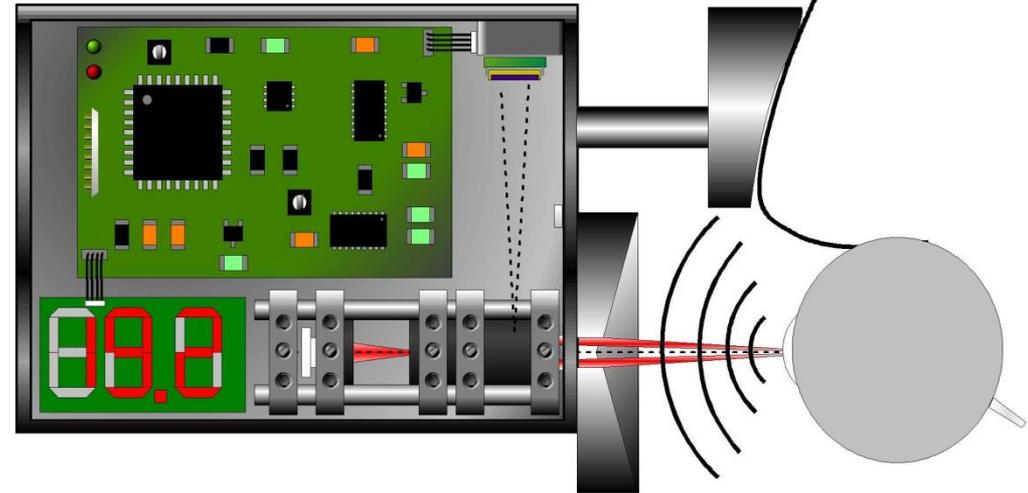


- Glaukom: Schädigung des Sehnervs und der Sehzellen
- 50 % Normaldruckglaukom
- 50 % gesunde mit hohem IOP

Messprinzip

■ Idee

- Resonanzfrequenzen des Auges steigen mit wachsendem IOP



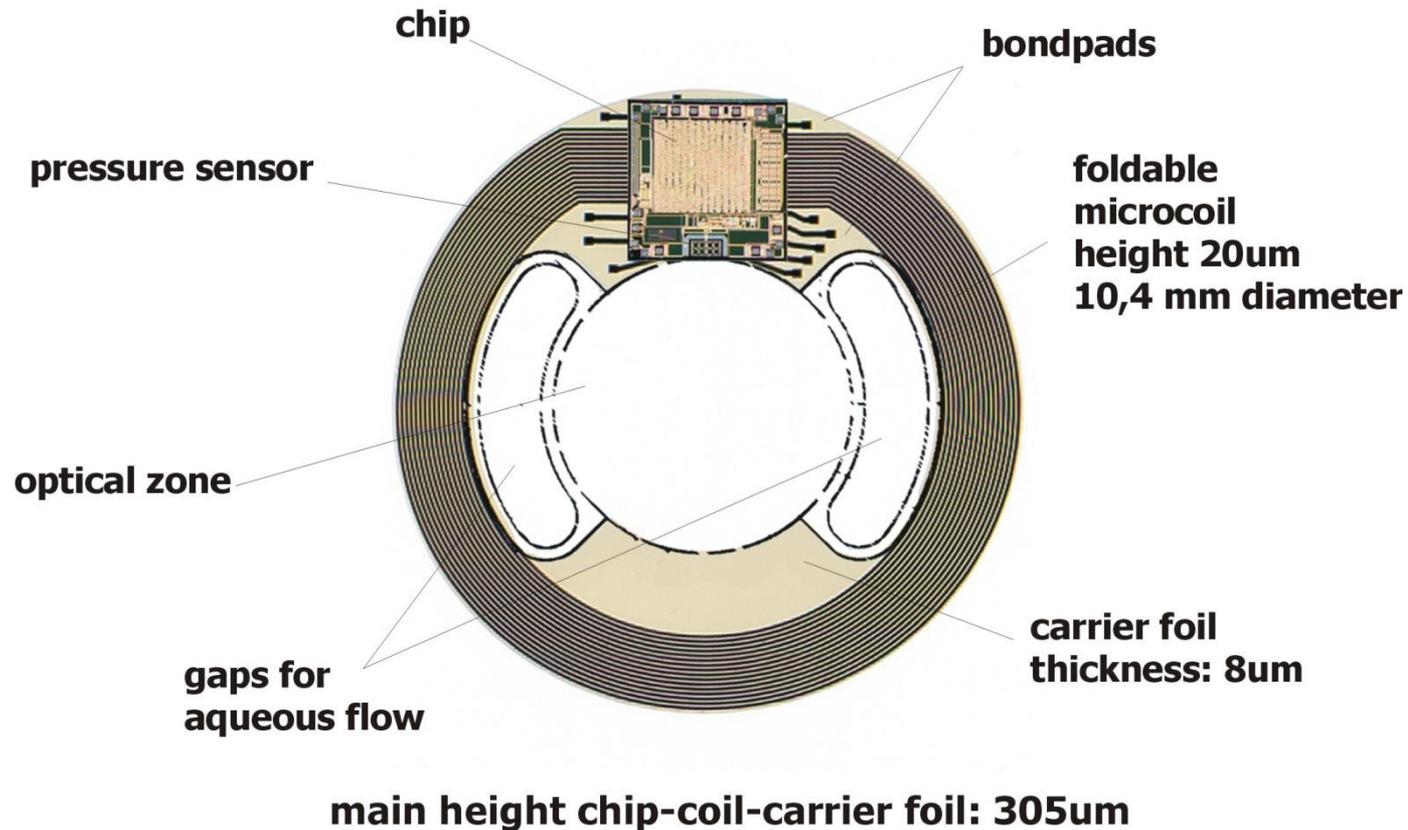
■ Neues Messprinzip

- Kontaktlose, akustische Schwingungsanregung des Auges
- Berührungslose, optische Messung der Schwingungen
- Sweep der Anregungsfrequenz \leftrightarrow Resonanzfrequenzen des Auges
- Berechnung des IOP aus den Resonanzfrequenzen

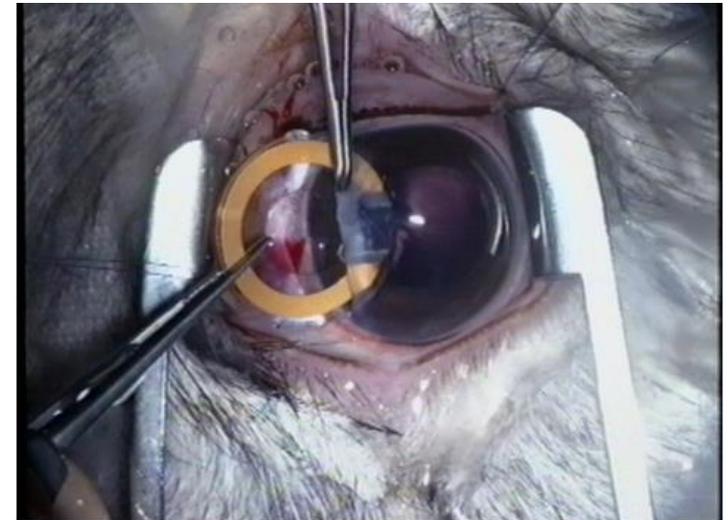
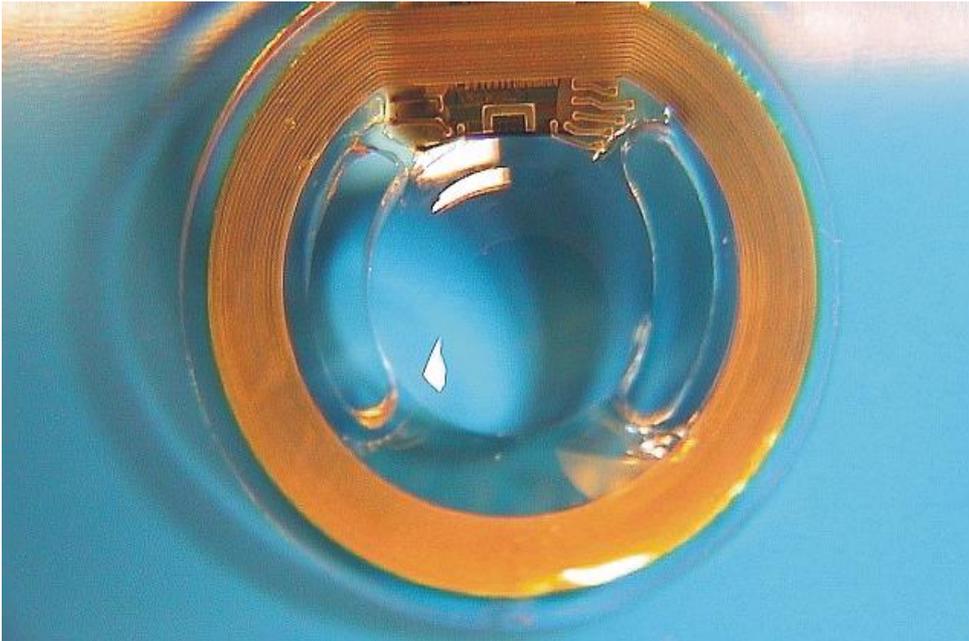
■ Vorteile

- Berührungslos
- Sehr geringe Krafteinwirkung
- Schmerzfrei
- Ermöglicht Selbsttonometrie

Implantierbarer Augeninnendrucksensor mit Intraokularlinse



Implantation in ein Kaninchenauge

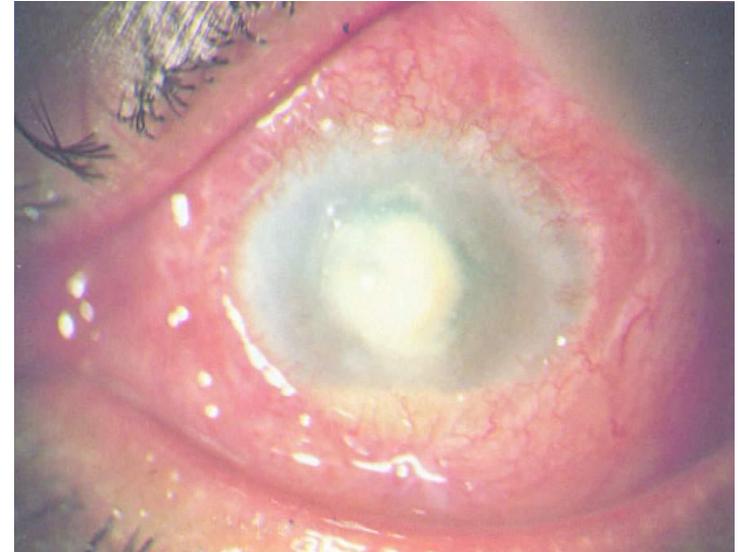


BMBF-Projekt mit Projektpartnern:

Acritec GmbH, Glienicke, Bytec GmbH, Stolberg, Mesotec GmbH, Hannover, Universitätsaugenklinik Köln, FhG-IMS, Duisburg, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik I, RWTH Aachen, Institut für Pathologie, RWTH Aachen

Erkrankungen der Cornea (Hornhaut)

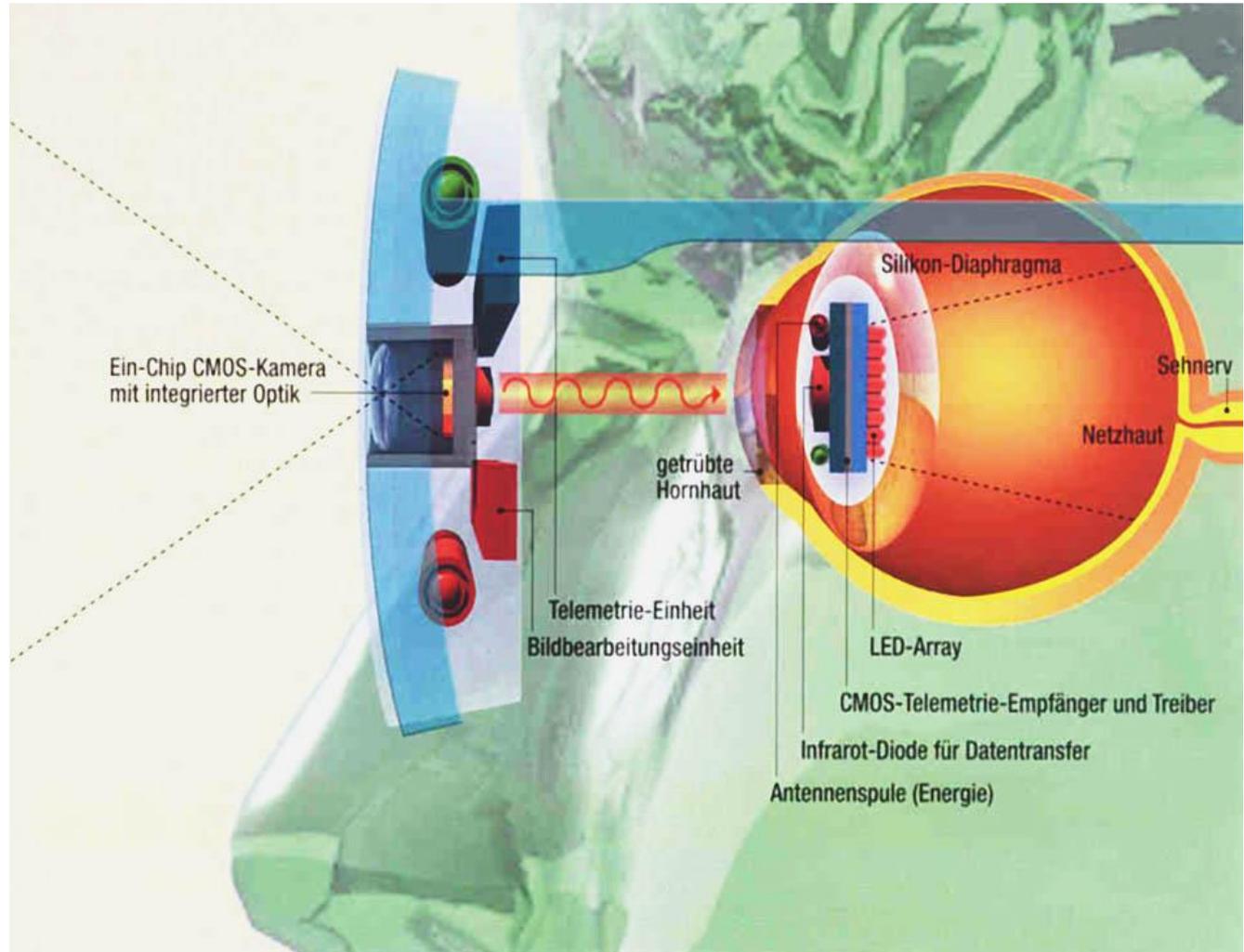
- ca. 3 Mio. Arztbesuche wegen Erkrankungen der Cornea in Deutschland
- ca. 13.000 Corneatransplantationen werden pro Jahr durchgeführt.
- ca. 4.000 Menschen sind wegen irreversibler Schädigung der Cornea erblindet.
- ca. 3.000 von diesen besitzen eine intakte Retina.
- Weltweit sind mehrere Mio. Menschen am Trachom (Ägyptische Krankheit) erkrankt, die Blindheit durch irreversible Schäden der Hornhaut erzeugt.



Implantierbare Miniferseher

Idee von
Prof. Heimann⁺,
Uni Köln

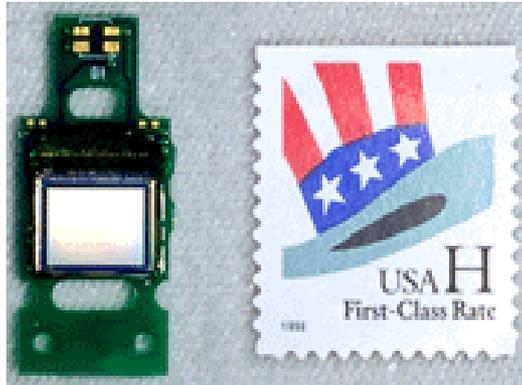
DFG-Projekt:
Uni Köln
Uni Tübingen
Uni Duisburg
ITIV Karlsruhe



GEO 1/2001

Beispiele für Mikrodisplays

Microdisplay MD800G4



LCD

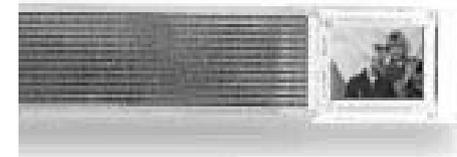
No of Pixels: 800 x 600

Pixelsize: 10 x 10 μm^2

Size: 1 x 1 cm^2

Frame rate: 180 Hz

Kopin CyberDisplay 320



LCD

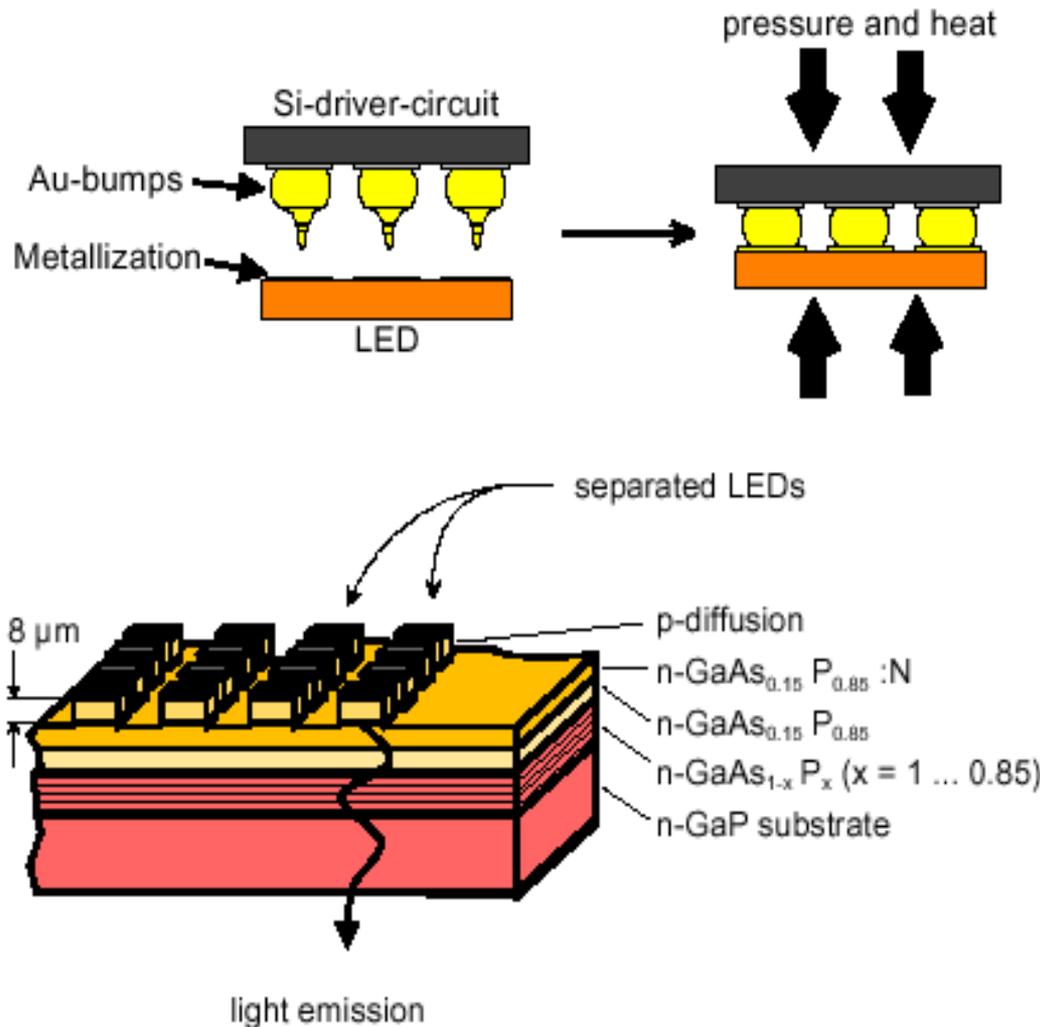
No of Pixels: 320 x 240

Pixelsize: 15 x 15 μm^2

Size: 0.7 x 0.7 cm^2

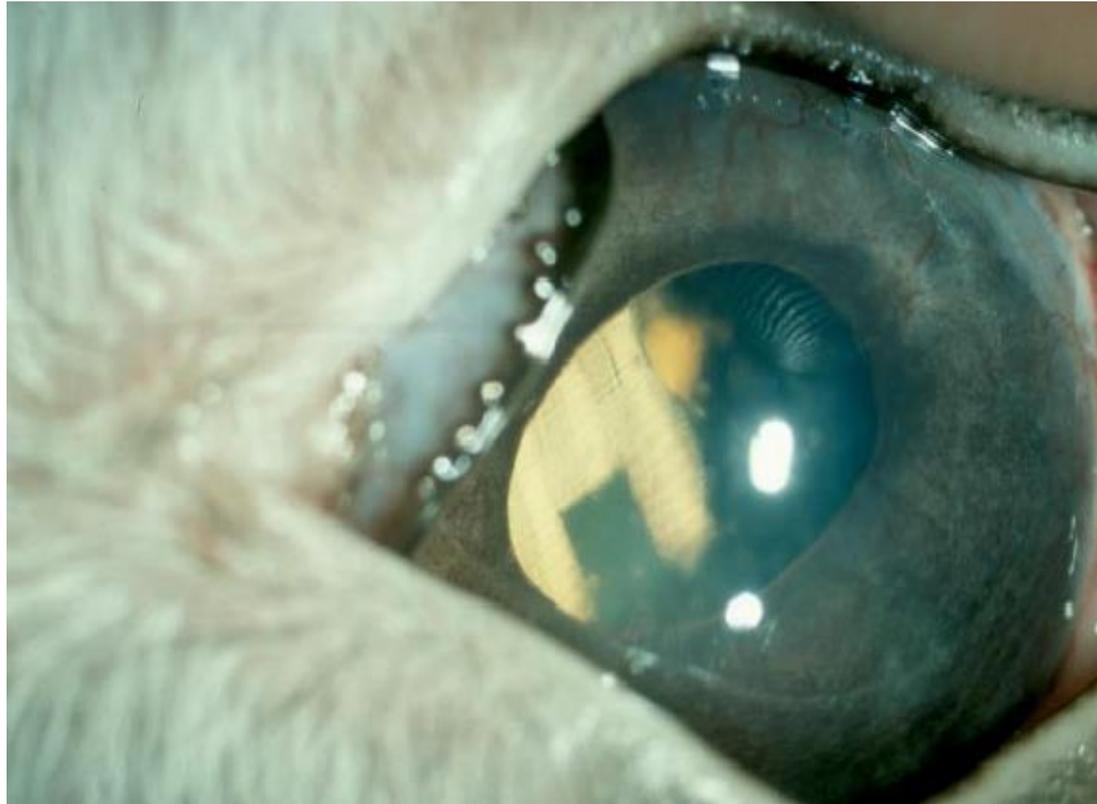
Frame rate: 80 Hz

GaAs/GaP LED-Array mit Si-Treiberelektronik



(Quelle: OE-Duisburg)

Testdummy im Kaninchenauge



Eye tracking

Zusätzlich zur Videokamera für die Bildaufnahme wird noch ein System zur Verfolgung der Augenbewegung benötigt .

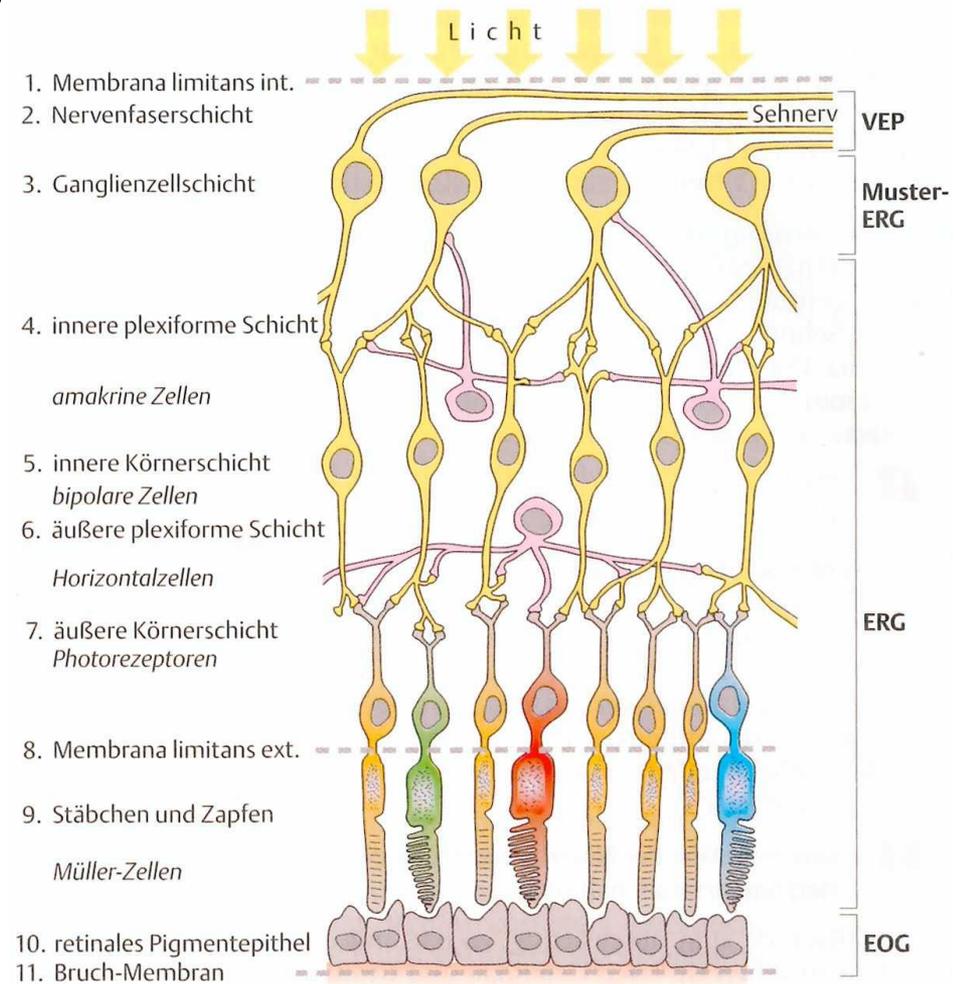
Es wird benötigt, um das Bild synchron mit den Augenbewegungen schieben zu können .



(Quelle: GEO)

Erkrankungen der Retina (Netzhaut)

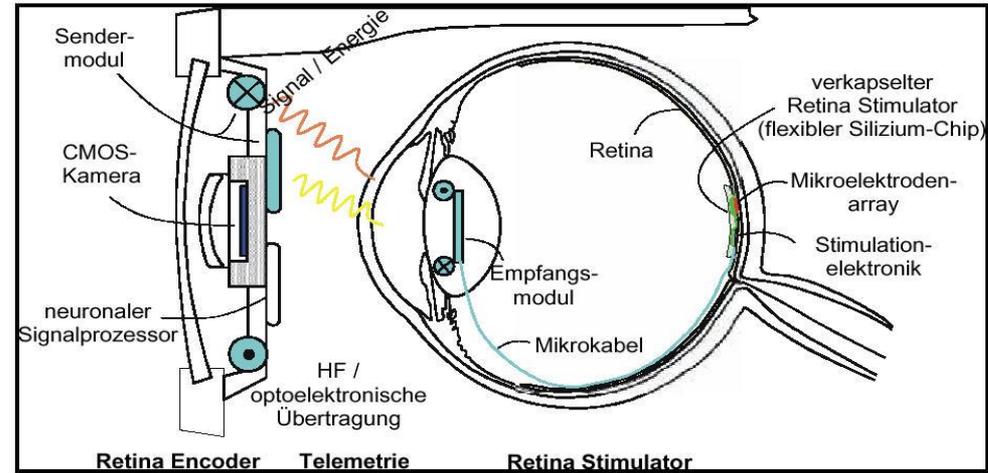
- Die Netzhaut besitzt ca. 130.000 Mio. Lichtrezeptorzellen.
- Diese Zellen erleiden u.a. Schädigungen durch die Krankheiten
 - Retinitis Pigmentosa
 - Altersbedingte Makuladegeneration
 Zusammen sind diese Erkrankungen für ca. 40.000 Blinde verantwortlich



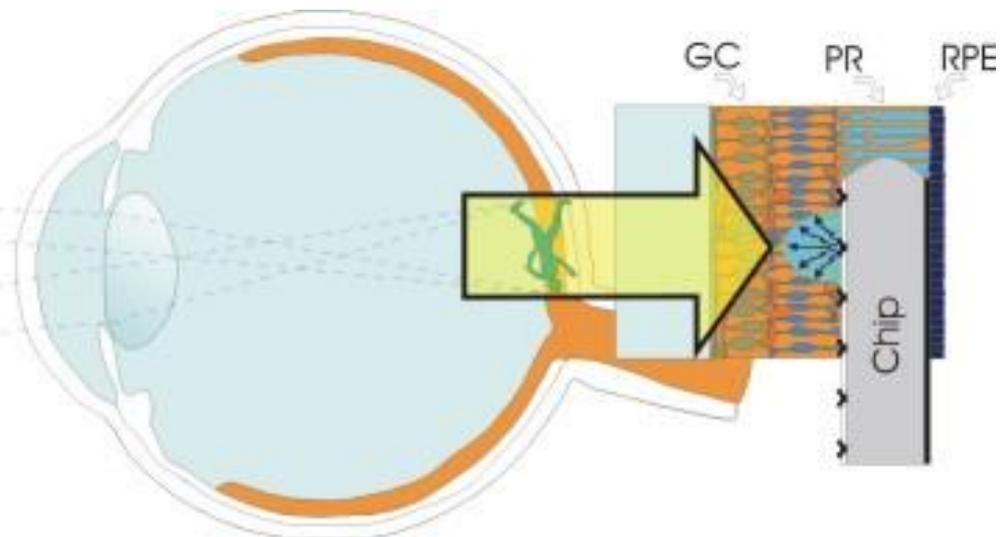
Retinaersatz

Epiret

Gruppe um
Eckmiller, Bonn

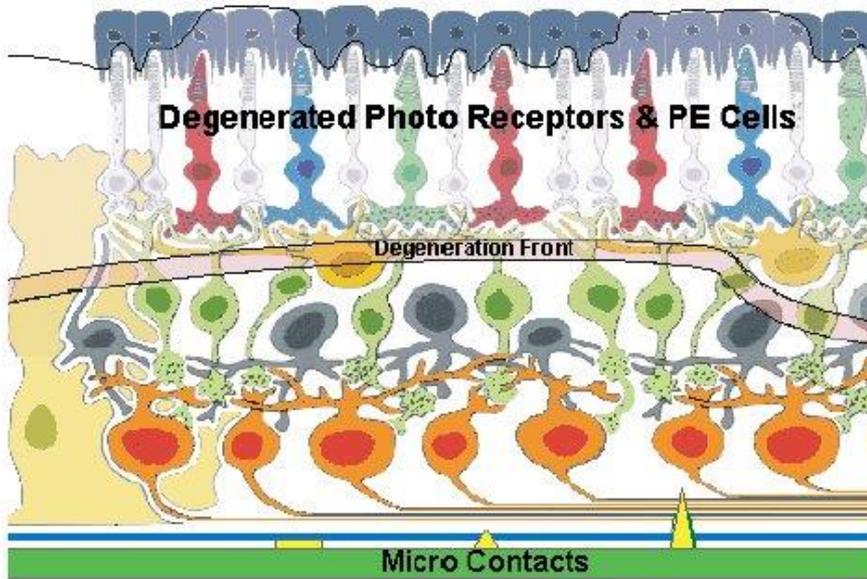


Subretinalprojekt

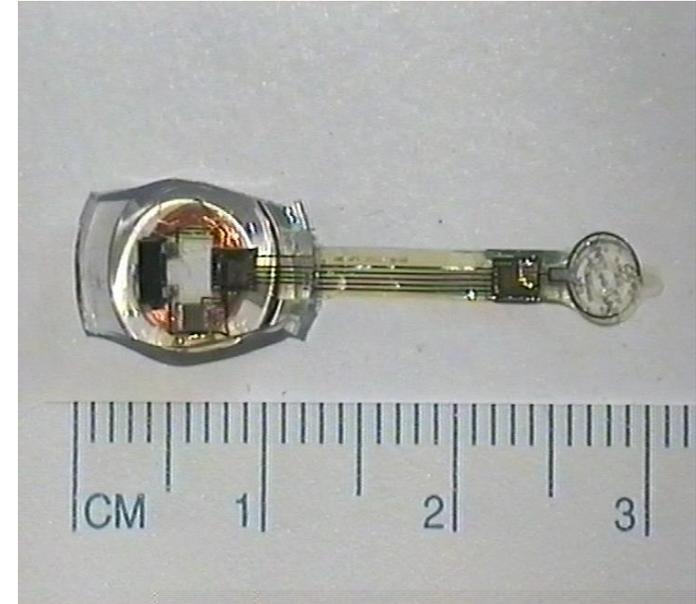


Gruppe um
Zrenner, Tübingen

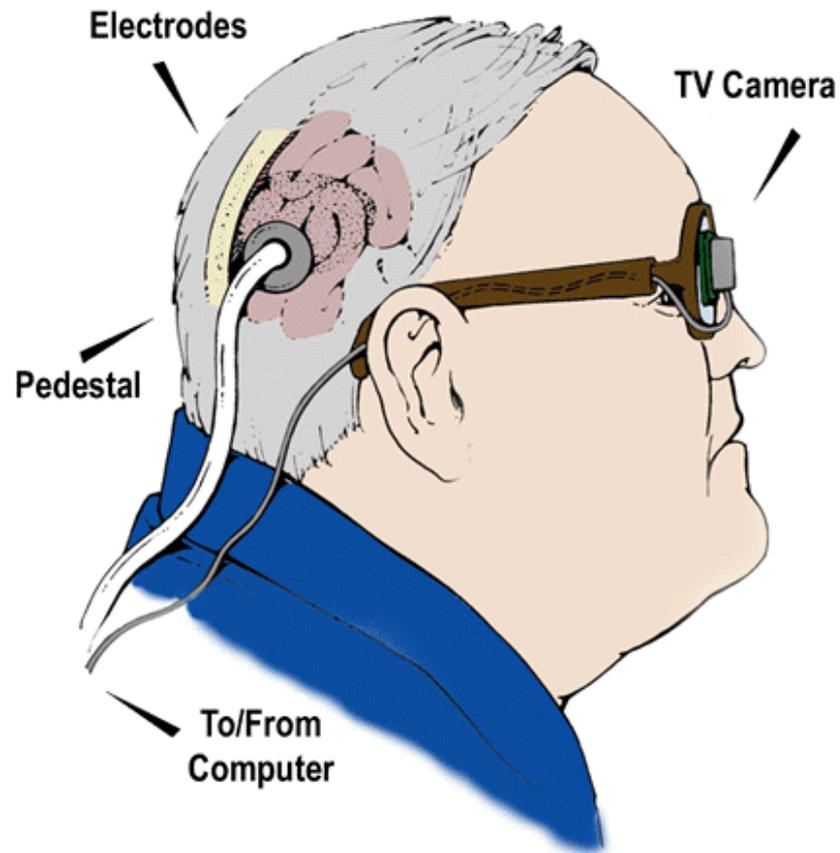
Epiret-Projekt



Lichteinfall



Kontaktieren der Ganglienzellen -> Vorverarbeitung der
Bildinformation im Retina-Encoder



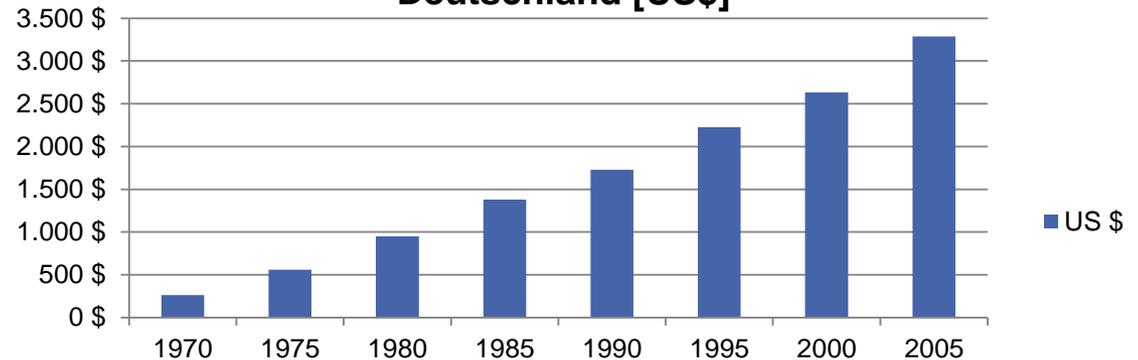
Direkte Stimulation der Sehrinde im Gehirn

MIKROSYSTEMTECHNIK IM GESUNDHEITSWESEN

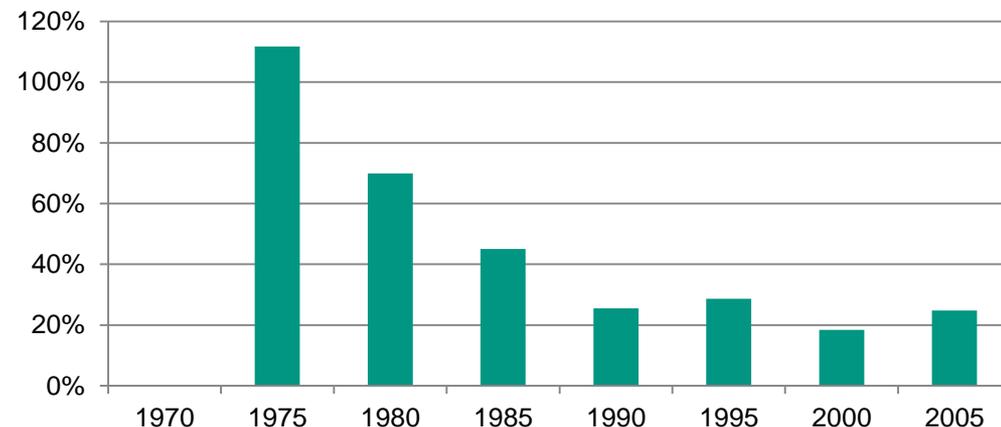
Entwicklung der Gesundheitsausgaben in Deutschland

- Im Zeitraum 1975 – 2005 wuchsen die Nettolöhne um 80%
- Die Gesundheitskosten wuchsen im gleichen Zeitraum um den Faktor 6

Entwicklung der Gesundheitsausgaben pro Kopf in Deutschland [US\$]



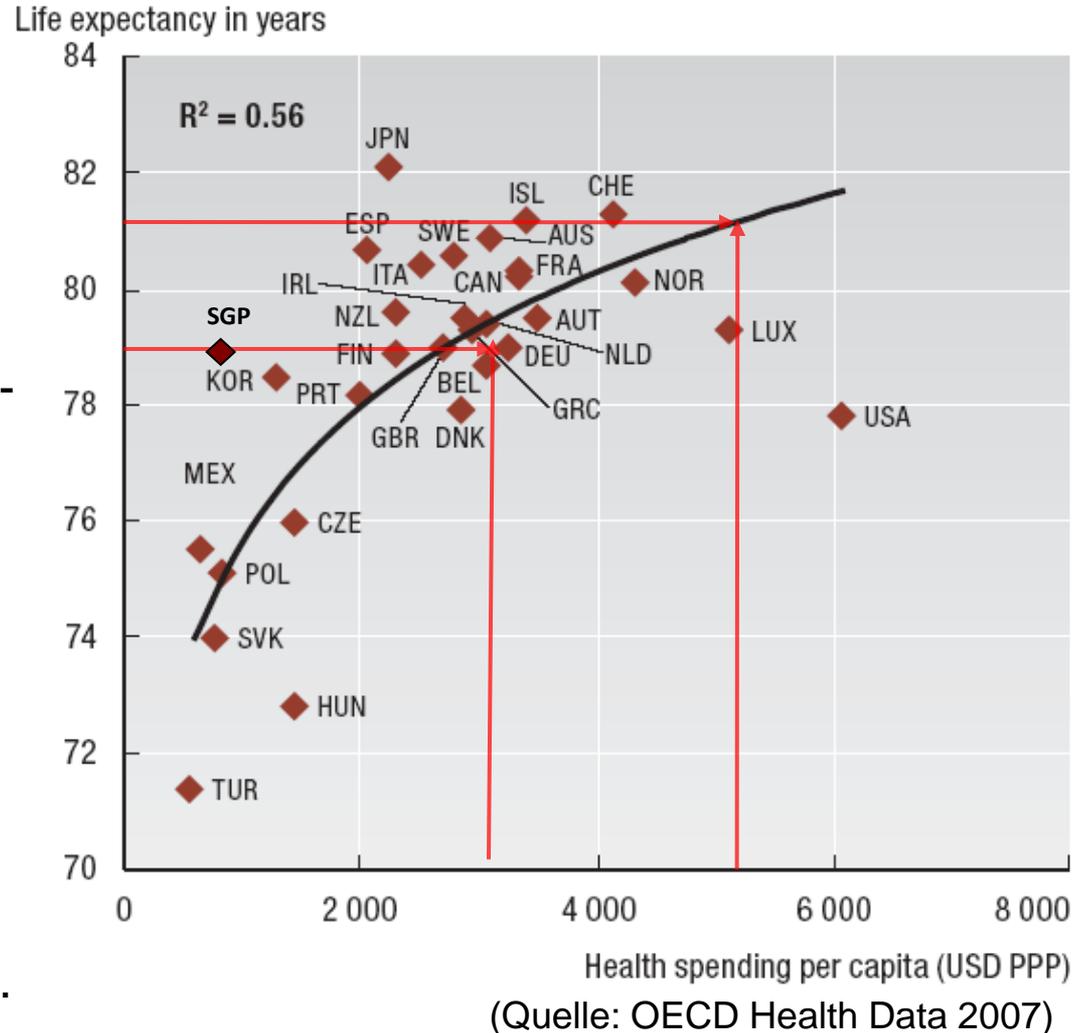
Wachstum der Gesundheitsausgaben pro Kopf je 5 Jahres Periode in Deutschland



(Quelle: OECD Health Data 2007)

Korrelation von Lebenserwartung und Gesundheitsausgaben

- Gesundheitsausgaben und Lebenserwartung sind nur schwach korreliert.
- Ein Wachstum der Lebenserwartung um ca. 2 Jahre ist in etwa mit einer Steigerung der Gesundheitskosten um ca. 70% verbunden.
- Pro Jahr wächst die Lebenserwartung in Deutschland um ca. 2.5 Monate
- In 10 Jahren wächst die Lebenserwartung voraussichtlich in Deutschland um ca. 2 Jahre.



Volkskrankheiten ca. 50% der gesamten Gesundheitskosten

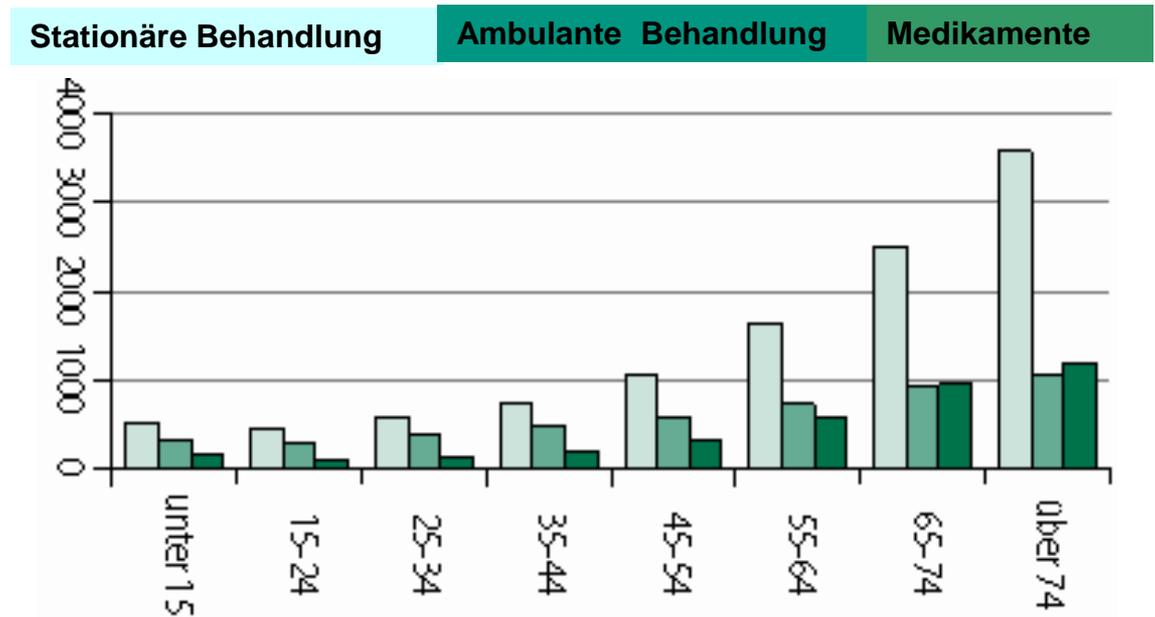
- Erkrankungen des Herz- Kreislaufsystems sind am teuersten
- Psychische Erkrankungen haben das schnellste Wachstum

	2002				2004				2006			
	Mio. €	%	€ je Einwohner	Rang der Krankheit	Mio. €	%	€ je Einwohner	Rang der Krankheit	Mio. €	%	€ je Einwohner	Rang der Krankheit
Gesamt (alle Krankheiten)	218 871	100	2 650		224 651	100	2 720		236 022	100	2 870	
<i>Davon:</i>												
Kreislaufsystem	33 575	15,3	410	1	33 374	14,9	400	2	35 179	14,9	430	1
Verdauungssystem	31 427	14,4	380	2	33 500	14,9	410	1	32 651	13,8	400	2
Muskel-Skelett-System	24 471	11,2	300	3	25 210	11,2	310	3	26 631	11,3	320	4
Psych. Verhaltensstörungen	23 377	10,7	280	4	24 818	11,0	300	4	26 657	11,3	320	3

Statistisches Bundesamt 2008

Größter Anteil Gesundheitskosten: Stationäre Behandlung

- 40% aller Krankenhaustage von über 64-jährigen
- Stationäre Aufenthalte oft nur zur Überwachung der Vitalfunktionen



Einsparpotential durch Einsatz von Informationstechnik für Home Care – Betreuung zu Hause

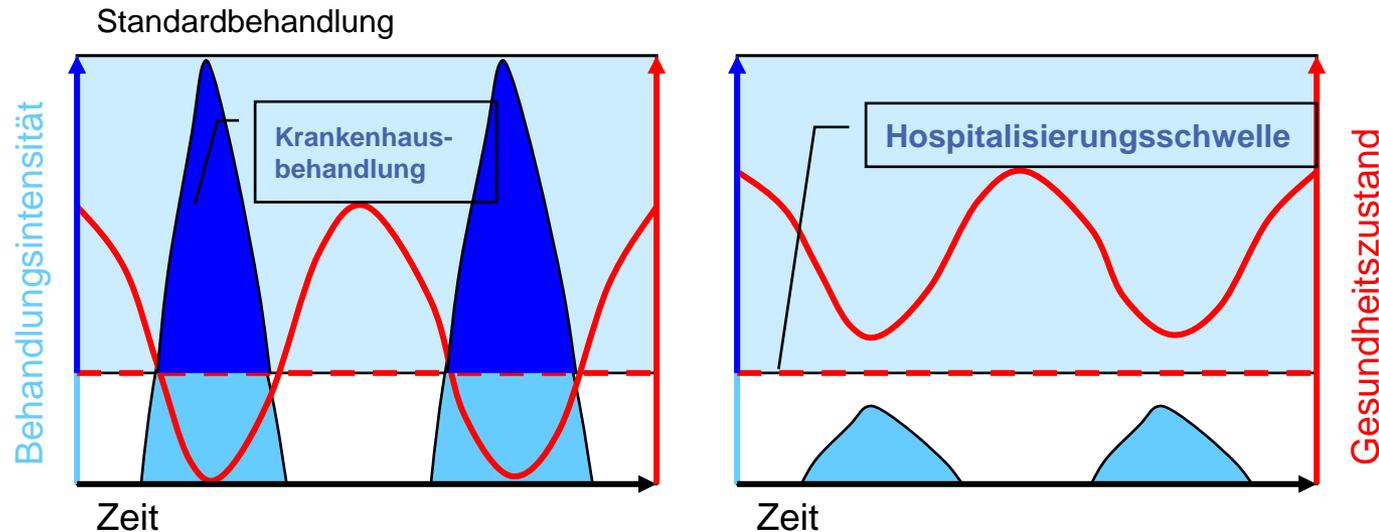
Stationäre Pflege ↔ HomeCare – Mobiles Monitoring

- Aktuelle Situation in der Intensivstation:
 - Viele Kabel
 - Viele Monitore
 - Viele Anzeigen und Signale
- Immobilität
- Hoher Personalaufwand
- Hohen Kosten
- Patientenbelastung

Ziel: Drahtloses Monitoring für maximal mobile Patienten



Präventionen und Disease Management



- Kontinuierliche Kontrolle des Krankheitsverlauf
- Genaue Dokumentation
- Frühzeitige Intervention (Therapie Steuerung)

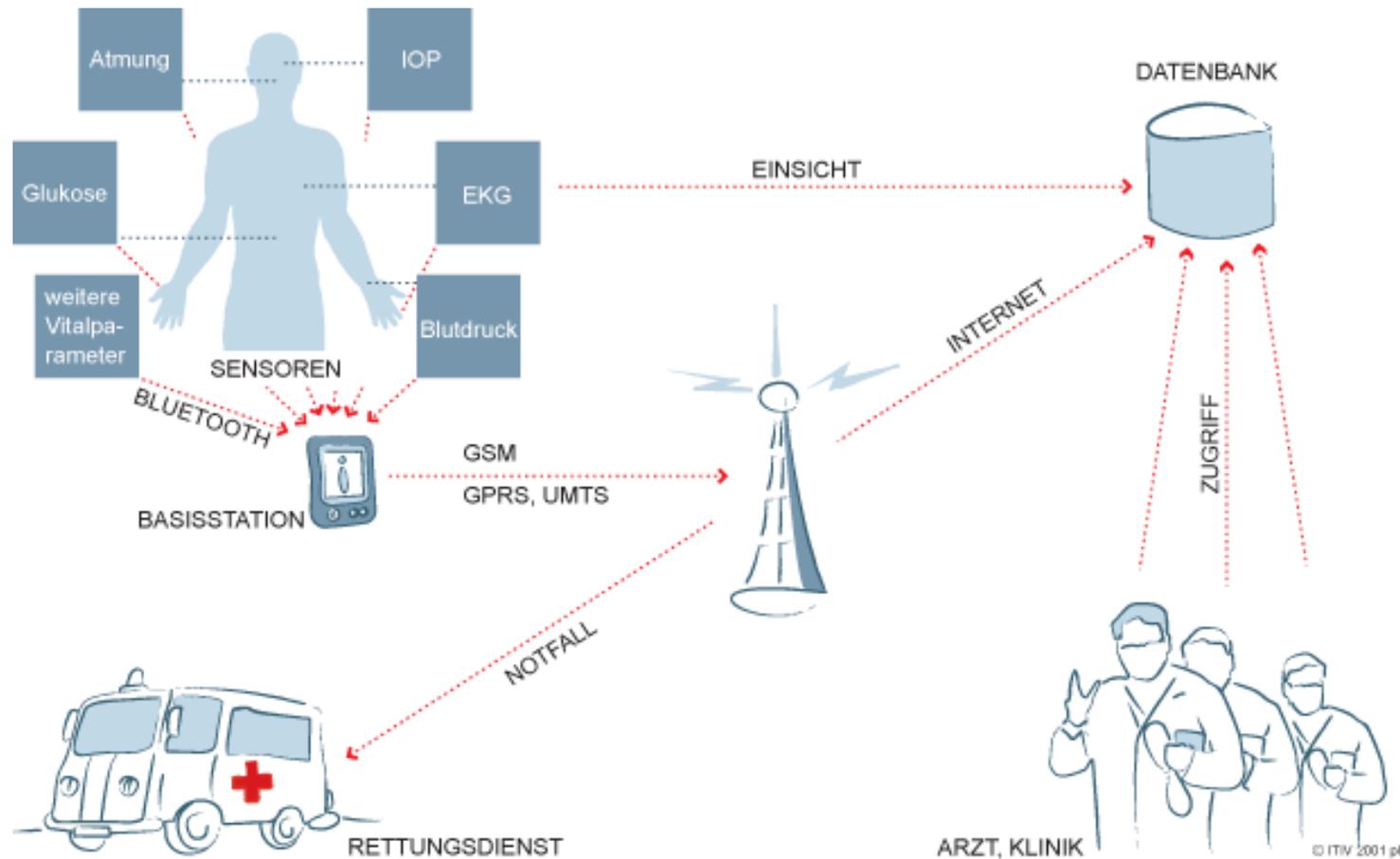
→ Geringere Behandlungsintensität (geringer Hospitalisierungshäufigkeit)

→ Besserer Vitalstatus - Geringere Kosten

Monitoringgurt ersetzt klinischen Monitor



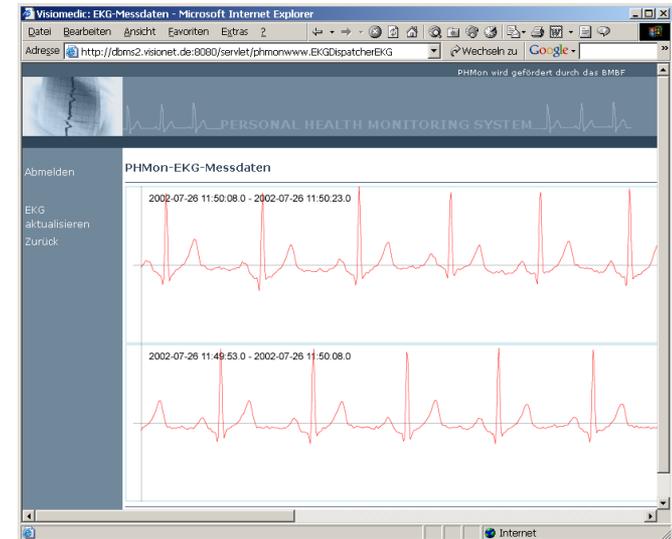
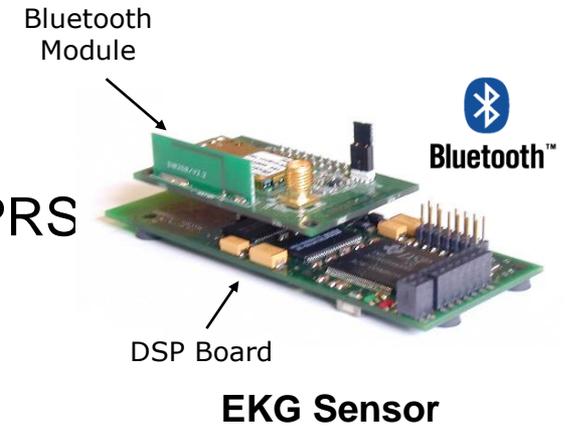
Grundkonzept des Personal Health-Monitoring (www.phmon.de)



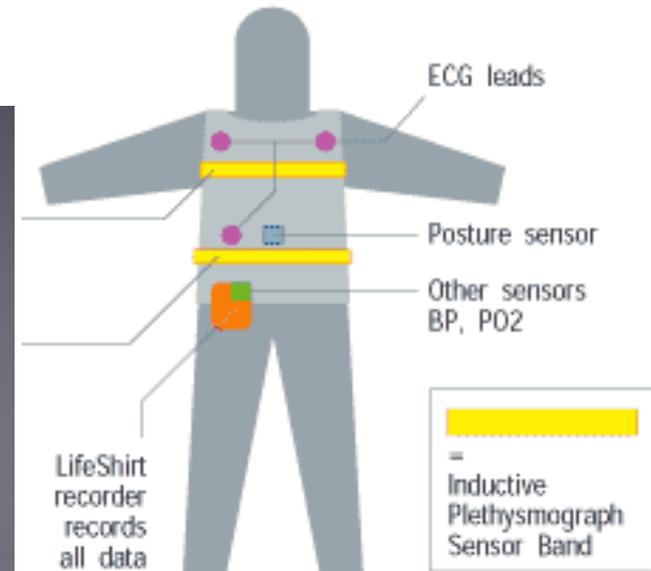
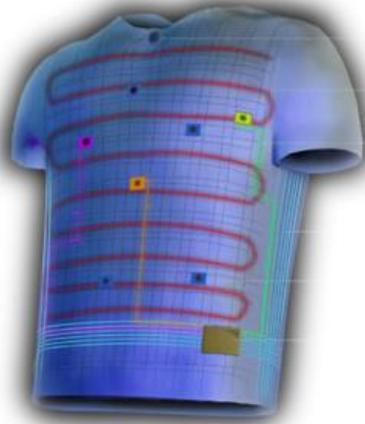
Telemedizinisches System mit innovativer Sensorik (ITIV 1996)

PHMon Demonstrator EKG

- Kompakter EKG Logger
- Mobile Patienten
- Drahtlose Kommunikation mit Bluetooth und GPRS zur zentralen Web basierten Datenbasis



Vision: „wearables“



Sensatex SmartShirt:
(„wearable Motherboard“)
integrierte Kommunikations-einheit

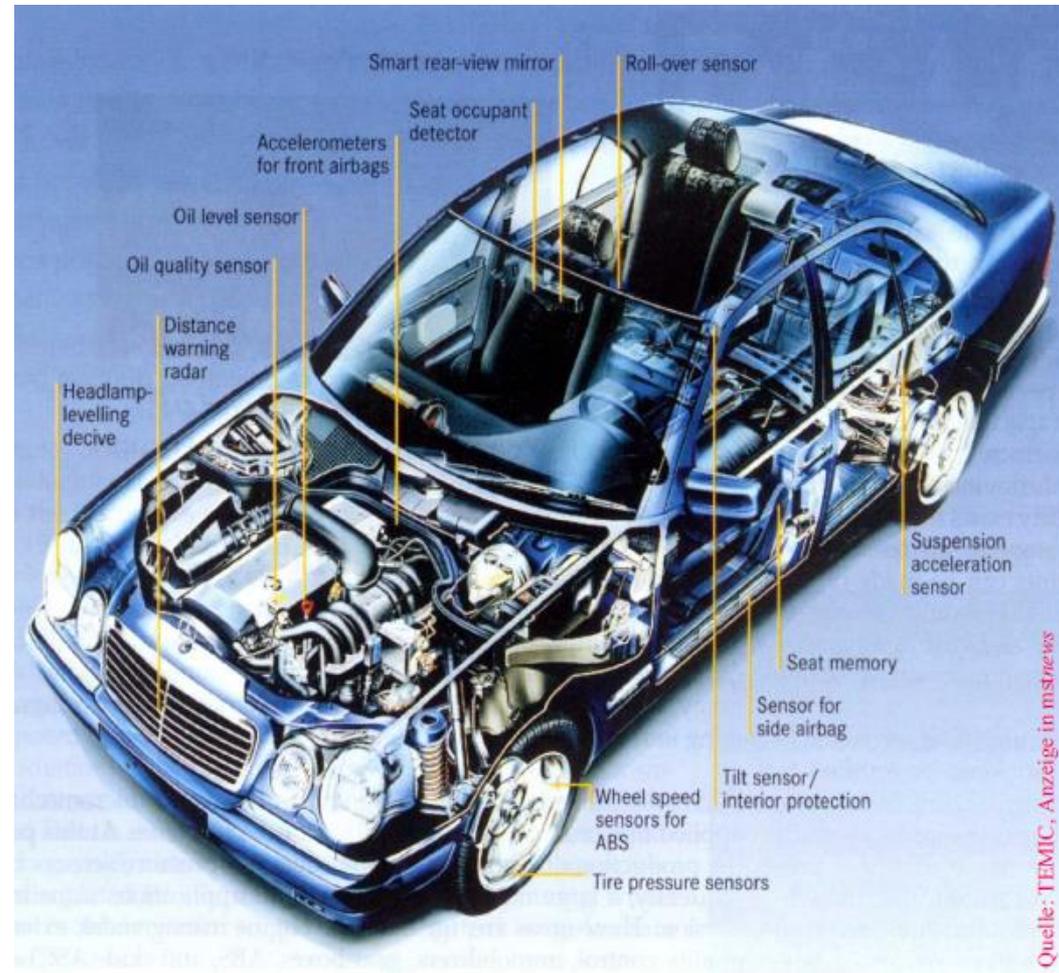
Vivometrics LifeShirt: Recorderbasiert
Anwendung:
Atmungsmonitoring
erweiterbar

MIKROSYSTEME IN DER AUTOMOBILTECHNIK

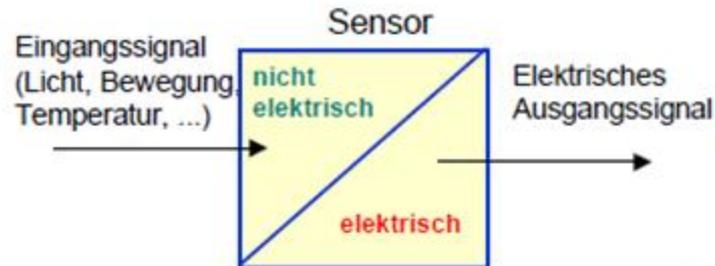
Mikrosystemtechnik im Automobil

- Heute bereits eine Vielzahl von Funktionen:
 - Diverse Sensoren
 - Aktoren / Motoren
 - Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik

 - Bedarf: möglichst kleine und leichte Lösungen
- ⇒ Miniaturisierung



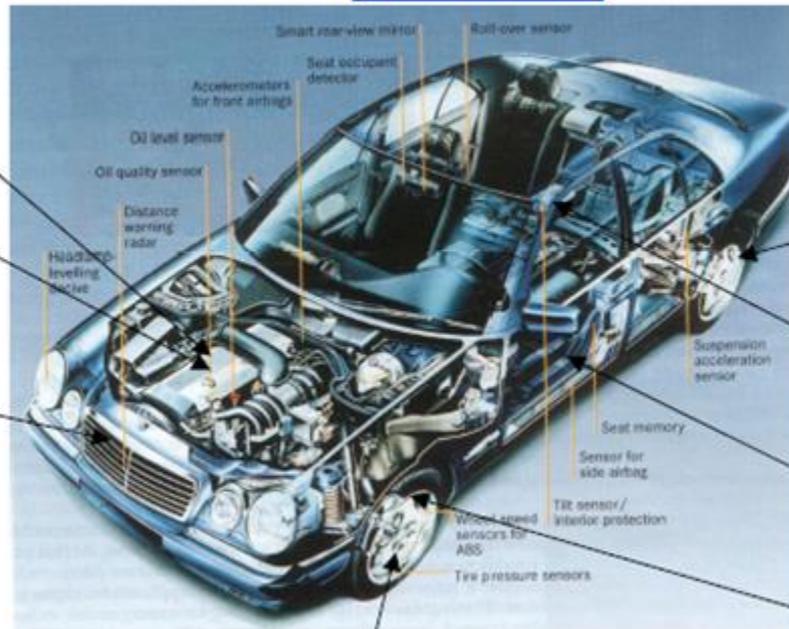
Ausgewählte Sensortypen



Ölqualitätssensor (optisch)

Ölstandssensor (kapazitiv)

Abstandswarner (optisch)



Beschleunigungssensor (piezoelektrisch, piezoresistiv)

Neigungswinkelsensor = Beschleunigungssensor

Airbagsensor = Drucksensor

Reifendrucksensor

Sensor zur Messung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Räder (magnet-resistiv)

Bildquelle: <http://www.daimlerchrysler.com/dccom/0,,0-5-7180-49-67176-1-0-0-0-0-0-66-7165-0-0-0-0-0-0,00.html>