

Hybride Modulare Mikrosystemtechnik (HYMOS)

Systemintegration

- ZIEL: Flexible und kostengünstige Realisierung von Mikrosystemen auch bei kleineren Stückzahlen

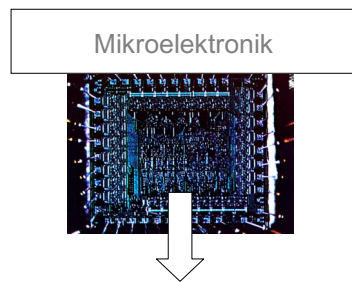


Konkrete Darstellung an Hand klinisch-biologischer Analysesysteme

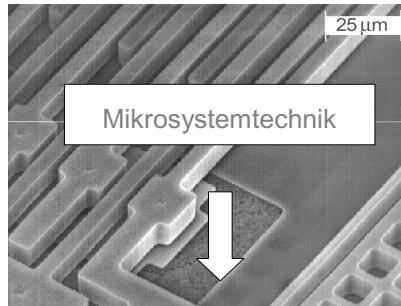
- 1) Motivation
- 2) Marktabschätzung
- 3) Kostenanalyse
- 4) Konzept HYMOS
- 5) Fallbeispiel: Blutgasanalysechip
- 6) Fallbeispiel: Thermischer Sensor
- 7) Fallbeispiel: Lab-on-chip

Systemintegration

Problematik der Mikrosystemtechnik Langsame Marktdurchdringung



Integration von elektrischen
Funktionalitäten auf einer
Siliziumscheibe

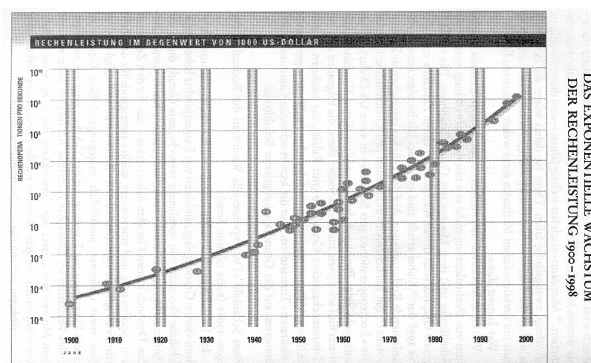


Erweiterung der Mikroelektronik mit
mechanischen, thermischen, fluidischen
und optischen Funktionalitäten

Vergleich mit Mikroelektronik hinkt! Es existiert kein Gesetz von Moore für die MST!

Systemintegration

Moorsches Gesetz: Verdoppelung der Computerleistung
alle 18 Monate



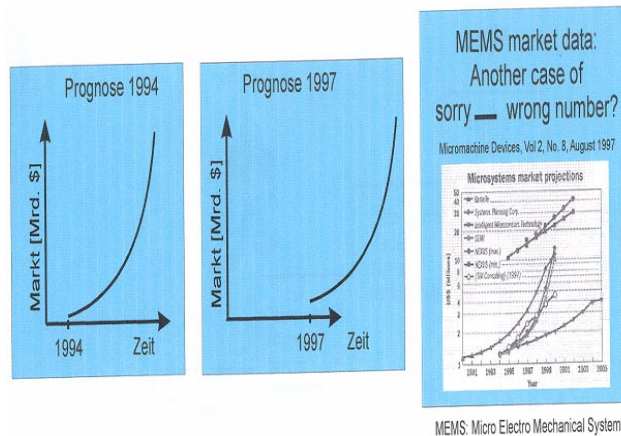
Software: Kein Moor'sches Gesetz

MEMS: Kein Moor'sches Gesetz da unterschiedliche
physiko/chemische Domänen

Systemintegration

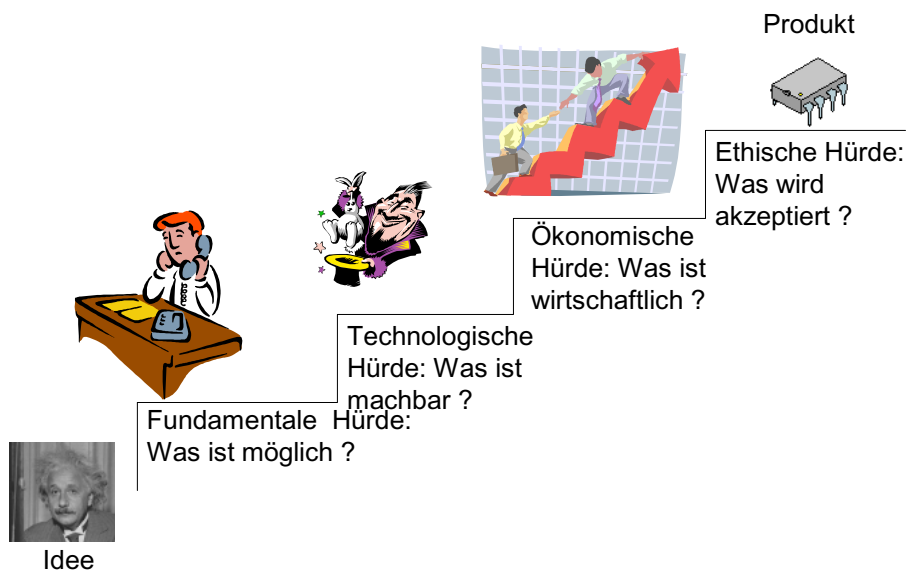
MEMS Marktprognosen:

Prinzip der „Wandernden Exponentialkurve“

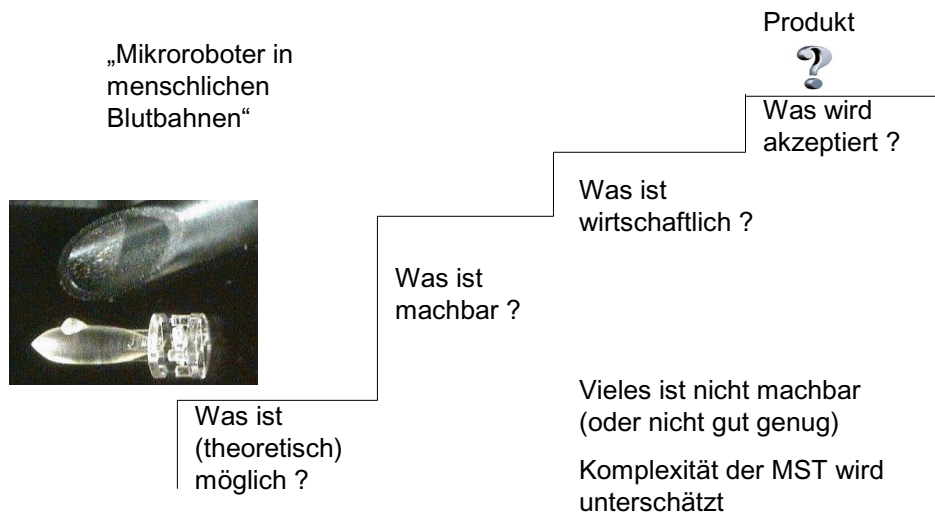


Was sind die Ursachen für diese Fehlentwicklungen ?

Systemintegration



Systemintegration



Systemintegration

Problem: *Verbindung* von

Mikroelektronik

Mikrofluidik

Elektrischer und fluidischer Interfacetechniken

Sensorik Aktorik

Komponenten



Systemintegration wird (IST) Hauptforschungsgebiet der
MIKROSYSTEMTECHNIK

Gefordert:

Interdisziplinarität

Systemintegration

- Hauptprobleme:**
- 1) Technologie!
 - 2) PREIS •

nur wenige Märkte mit großen Stückzahlen
(MR-Sensoren, Inkjet, Crash-Sensoren)

➔ Stückzahlen für KMU's i.A. $< 10^5/a$

- 3) Zuverlässigkeit
- 4) Akzeptanz

- LÖSUNG:**
- A) Große Märkte erschließen
 - B) Modularisierung

Systemintegration

**Realisierungsmöglichkeiten eines
modularen Systems -
Systemintegration**

Mikroelektronik: Bibliothekenmodule!

- 1) Speicher, Diskr. Bauelemente, Prozessoren, ADC, OPV
- 2) **Full Custom Solutions** (CMOS/NMOS)
Chipkomponenten als Module (wo hört Modularisierung auf?)

Teuer, Stückzahl $> 10^6$ /Jahr notwendig Automotive,
Medizin

nicht alle Funktionalitäten realisierbar, aber Flächen- und
Kostenminimierung möglich

Systemintegration

- 3) **ASIC** Standardzellen, MultiProjectWafer+ postprocessing
- 4) **MEMS-ASIC's** + postprocessing (Bosch, Europractice)
Kostengünstig, kleine Stückzahlen möglich, schnell nicht alle Funktionalitäten realisierbar
- 5) **HYBRIDE LÖSUNGEN**

BAUKASTEN:

Prinzip: Verwendung von standardisierten Bauteilen mit definierten Spezifikationen

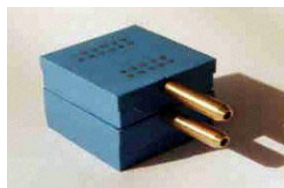
Match-X (FHG)

Nachteil:

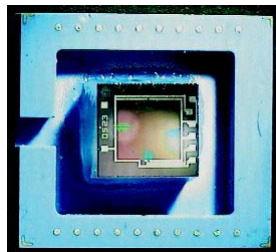
Eher ein Entwicklungstool, da produktorientierte Kundenspezifität schwer erzielbar

Systemintegration

MATCH-X Systembaukasten FHG Initiative

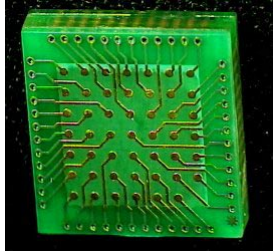


Volumenstromsensor

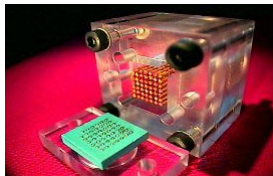


Drucksensor

Systemintegration



Microcontrollermodul



Fluidikadapter

Systemintegration

KOSTENABSCHÄTZUNG

Stand 7/01

Preisgestaltung (Pricing)

Fabrikabgabepreis



PERSONALKOSTEN

Material

Maschinenabschreibung

Betriebskosten, Overhead



Endverkaufspreis – Marktpreis

(„Beliebig“)

Systemintegration

Material: SUBSTRATE

Siliziumwafer	Kosten/mm ²	
	Kleinserie	Großserie
4" (7853 mm ²)	1 Pf (doppelseitig poliert) 0,4 Pf (einseitig poliert) - 0.25	
6" (17671 mm ²)	0.38	~0.3
8" (31415 mm ²)	0.57	~0.4
Glaswafer 4"	0.75 Pf	0.01 Pf
Keramiksubstrat 4" x 4"	~0.15	0.014 Pf
(10000mm ²)		
Kunststoffsubstrat PI 4"x4"	0.004 Pf	(50m ² min.)

Systemintegration

PROZESSKOSTEN

Preis/mm²

CMOS/NMOS (ohne Design)	0,9 DM (4") 0.66 DM (6") } Engineering run 0.47 DM (8") 3,4 Pf (6") 2µm NMOS, Anlagen abgeschrieben z.B. diskrete Bauelem., Hallsensoren
ASIC (ohne Design)	10 Pf (4") aktuell 6 Pf (6") +40% Si-Aufschlag 5 Pf (8") bis zu +25% mixed signal
SENSORIK auf Si	~1 DM (Standard, 6") bis 2 DM (spezielle Front- und Backendprozesse)

Systemintegration

Dünnschichthybrid	6 - 50 Pf (ohne Bauteile)
Dickschichthybrid	2 - 10 Pf (ohne Bauteile) Pastenpreis ~0.3 Pf
Printplatte	1,2 Pf (ohne Bauteile)
Assemblierung	TO92 : 3-10 Pf. DIL 8 : 20 Pf. Keramik : 2 DM – 5 DM
Hybrid –Assemblierung	~ 5 DM - 1 Pf

Es existiert kein Optimum,
da gewünschte Spezifikation und Marktpreis entscheidend!

Systemintegration

YMOS:

Prinzip:

Aufteilung der **Funktionalitäten**
Teilkomponenten

Gebrauchskomponenten (z.B. Wegwerfteile) in
verschiedene Technologiemodule

Realisierung der Module in der am Besten geeigneten
Technologie

Technologiedesigns als MEMS-ASICS Standardzellen
verfügbar

Stapeln von Standardmodulen (AVT, Anklippen) möglich

Systemintegration

Anwendungsmöglichkeiten modularer Technologien

Lab – on - chip

- ➡ Bio- und Chemosensorarrays für Monitoringapplikationen
- ➡ DNA und Protein Biochips

Fluss- und Strömungssensoren

- ➡ Realisierung thermischer Strömungssensoren

Referenzelektrodensystem

Systemintegration

FALLBEISPIEL: BLUTGASANALYSE

Analysierte Substanzen: **pO₂, pH, pCO₂**

Zusätzlich: Elektrolyte
Glukose
Laktat

Marktanalyse: konventionell ↔ MST

Systemintegration

MST: Integrierte Lösung mittels Blutgaschip:

- 1) Chip + Sonderprozesse
- 2) Dispensierung von (Bio)Membrane
- 3) Assemblierung

Systemintegration

Strategische Produktentwicklung
→ realistische Marktabschätzung!

Blutgasanalyse: Bestimmung von pH, pO₂ und pCO₂ im Blut

Jährlich 10⁷ Blutgasanalysen weltweit
Marktvolumen 150 x 10⁶ US\$



Kosten: AFA Blutgasanalysengerät
(50 – 150 kDM)

Verbrauchsmaterialien
Bedienungspersonal

~10 DM/Analyse

Systemintegration

Puritan – Bennett: Kontinuierlicher Blutgas-Trendmonitor
Stückpreis ~ 500 DM

Schätzung:

Blutgas-Mikroanalysegerät 3×10^7 US\$/a

DNA-Arrays 2.5×10^8 US\$/a

IST:

Marktvolumen Glukosesensoren 3×10^9 US\$/a

Systemintegration

Kostenschätzung Blutgaschip

Investment: Postprocessing Equipment
(Sputteranlage, Polyimidlinie, Dispensiereinheiten,..)
~1 MDM mind.

Absolutes minimales Produktionsvolumen: $10^5/a$

- Assemblierter Sensorchip beinhaltet:

CMOS Foundry front end
Chip testen
AVT (Flußzelle, Verrohrung, elektrische Verbindung)

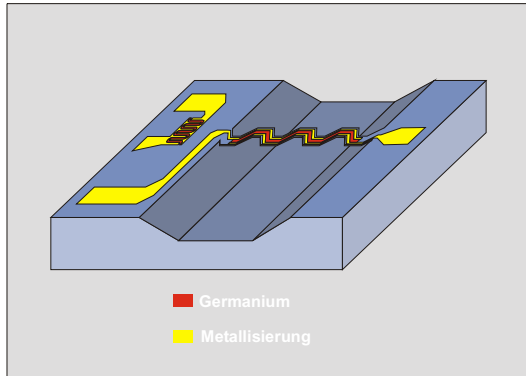
-Preis pro Einheit ca. 20 EURO

Kommerziell attraktiv ab $10^6/a$ → mehr als 10% Marktanteil

Systemintegration

Hitzdrahtanemometrie mittels Dünnschicht-Thermistoren

Meßgröße: Abkühlen eines geheizten Temperaturfühlers ist Maß für die Strömungsgeschwindigkeit



DATEN:

Übertemperatur 1 K

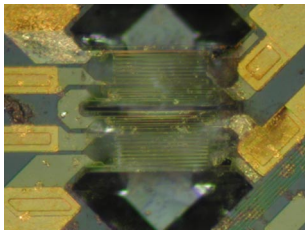
Meßbereich bei 10 $\mu\text{l/h}$ bis
Flüssigkeiten 3 l/min

Meßbereich 0.01 m/s
bei Gasen bis 200 m/s

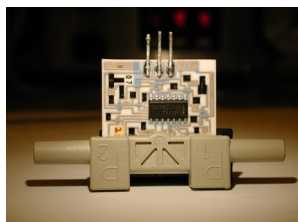
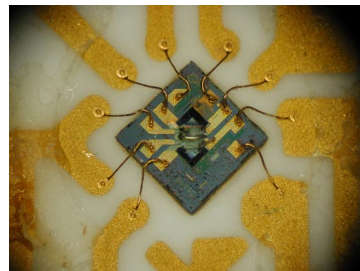
Zeitauflösung > 1 msek

Systemintegration

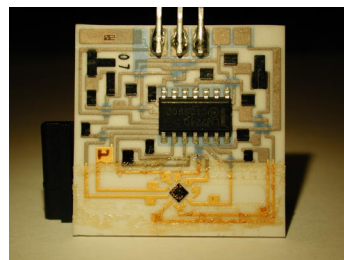
HONEYWELL STRÖMUNGSSSENSOREN



Thermosensor
Chip



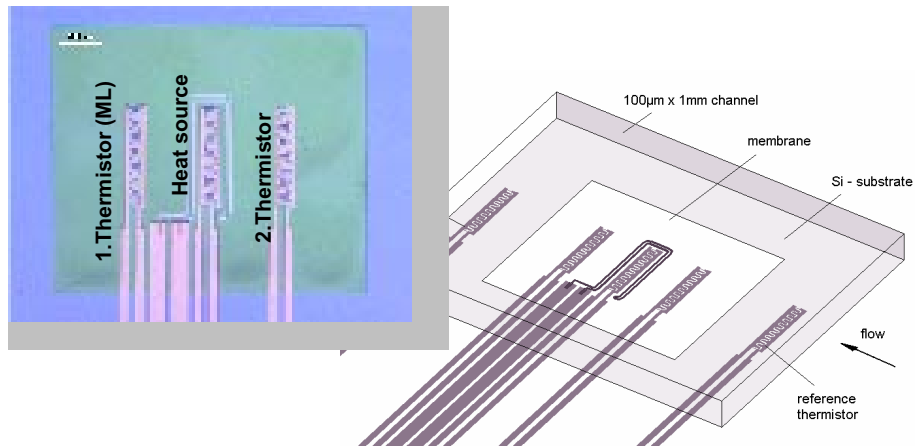
Gesamtsystem



ELEKTRONIK

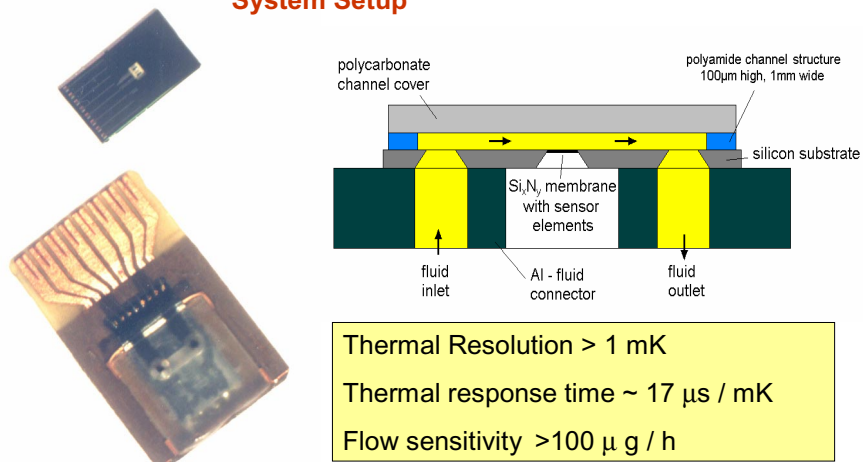
Systemintegration

Thermal Sensor Setup



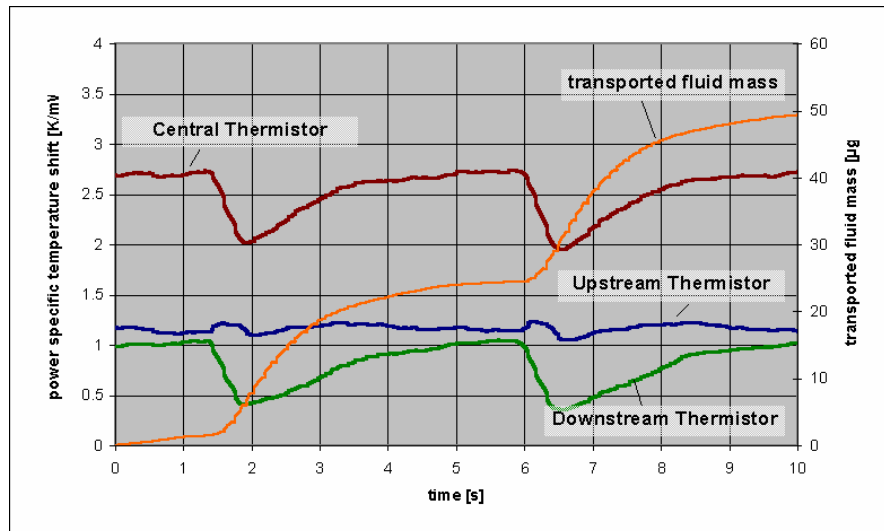
Systemintegration

System Setup



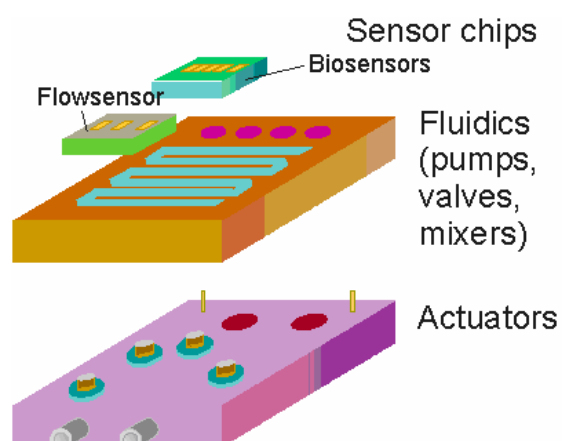
Systemintegration

Insulinpumpe

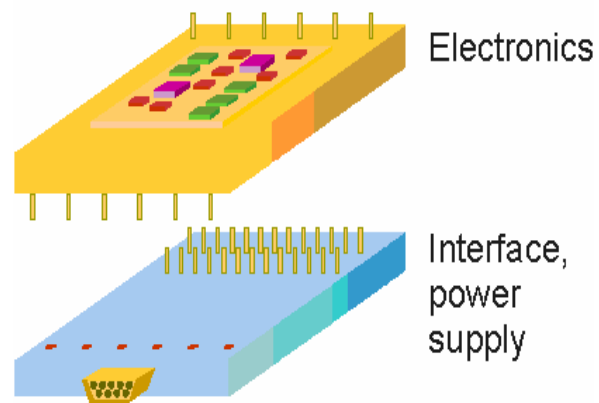


Systemintegration

HYMOS (HYbrid Modular microSystem)

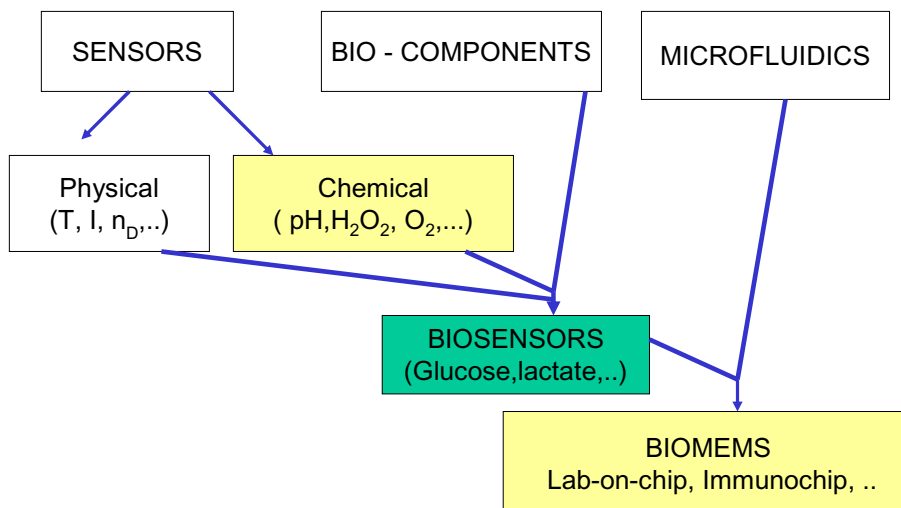


Systemintegration

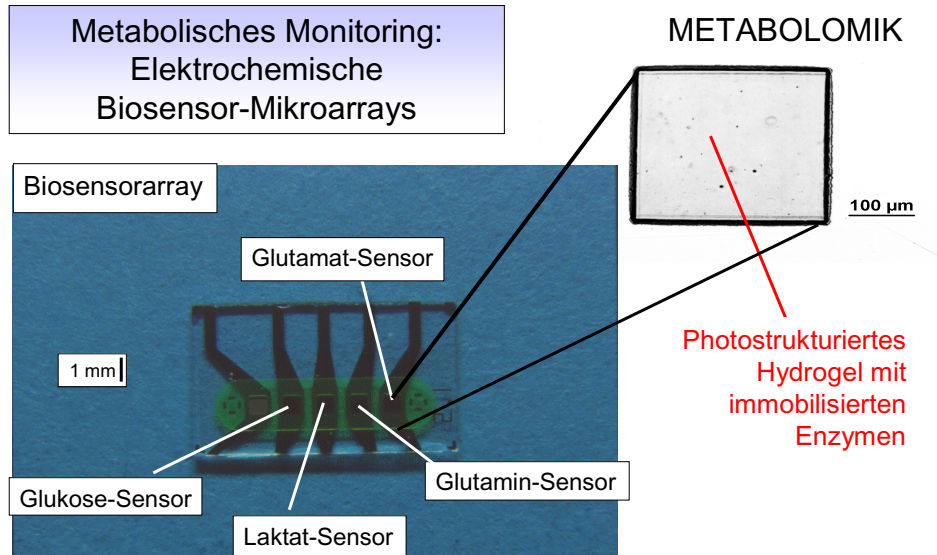


Systemintegration

FALLBEISPIEL 3:BIOMEMS

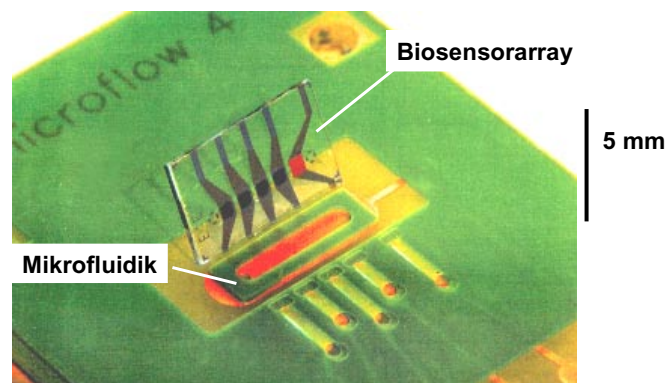


Systemintegration

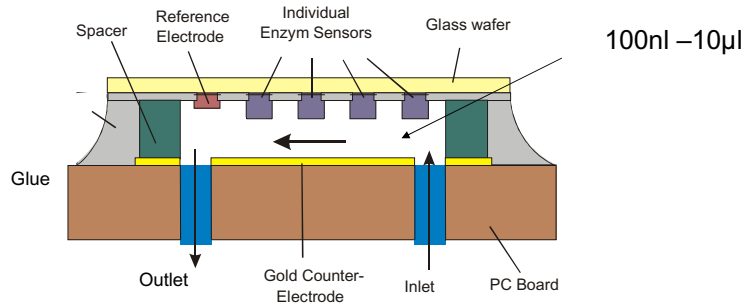


Systemintegration

Biosensormikrosystem mit
integrierter Mikrofluidik
„Lab - on - Chip“



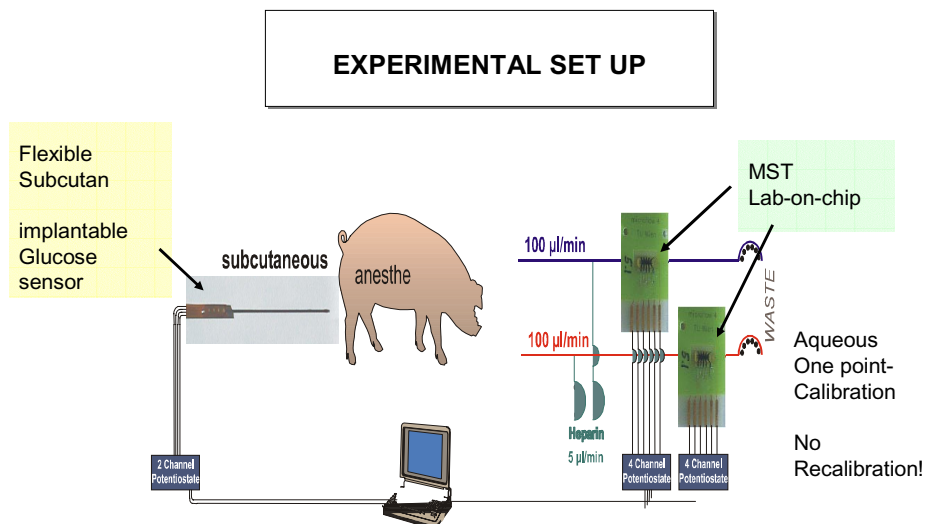
Systemintegration



PARAMETER: GLUCOSE, LACTATE, GLUTAMATE, GLUTAMINE, AST, ALAT, NO, pH, pO₂, pCO₂, Temperature, Flow

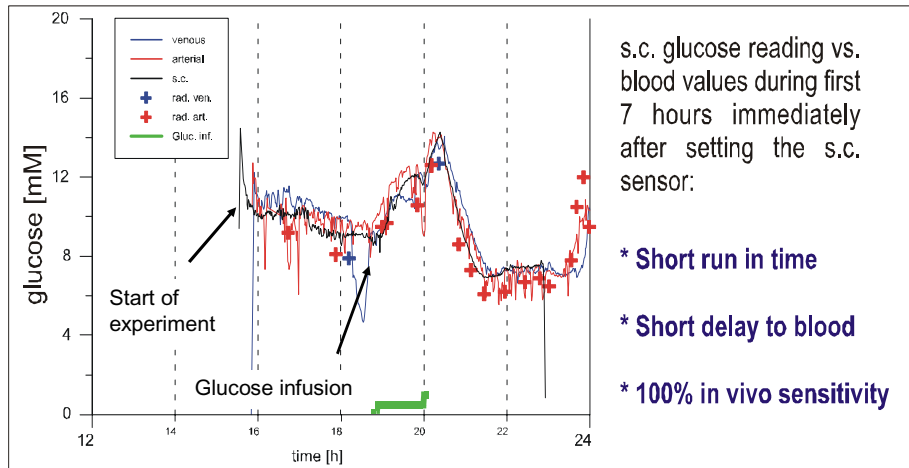
Spin-Off Company: Jobst Technologies

Systemintegration



Systemintegration

IN-VIVO MONITORING OF GLUCOSE

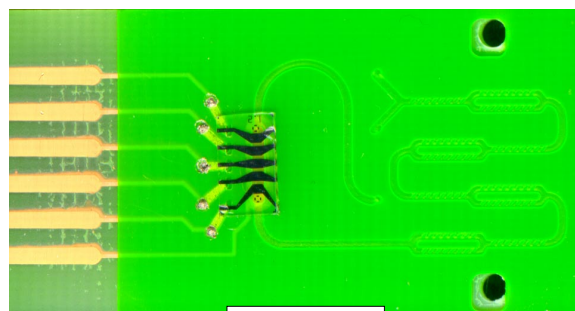


Systemintegration

LABOR AM CHIP

Sensorarray

Fluidikport

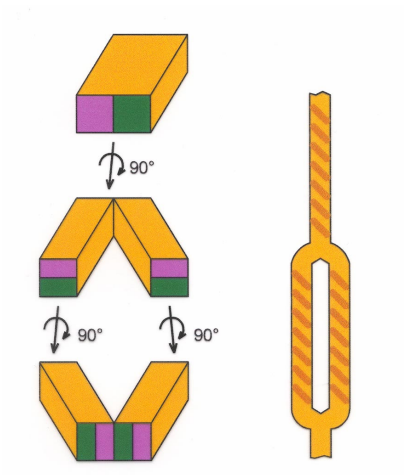


Möbius-Mischer

Elektrische Kontakte

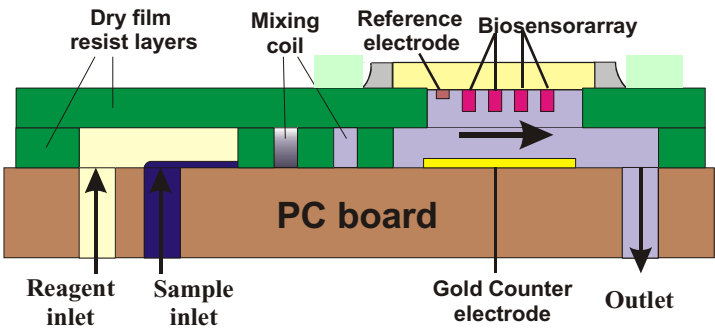
Fluidikkanal

Systemintegration

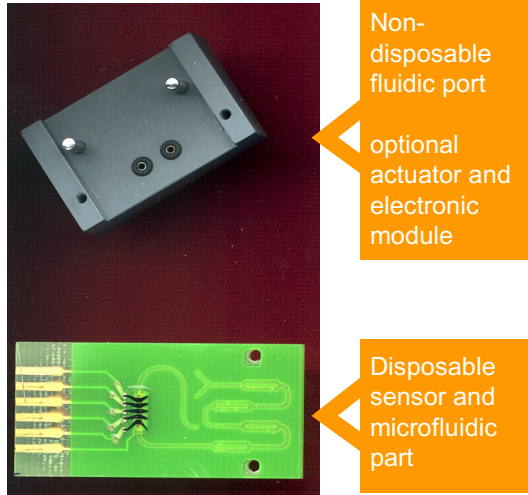


Systemintegration

Cross section of a lab-on-chip

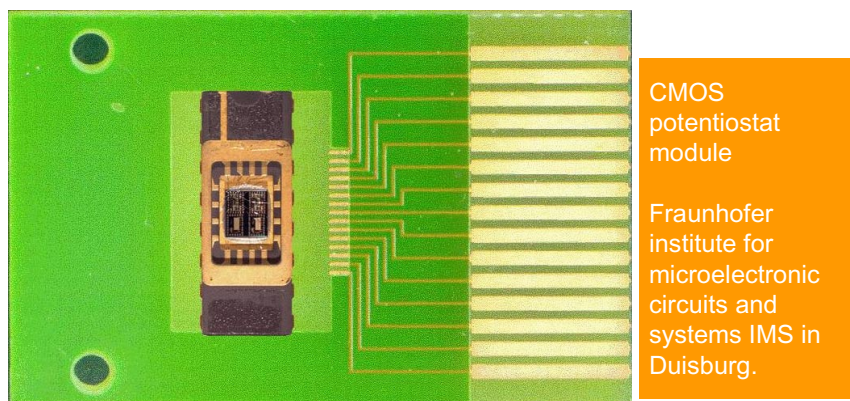


Systemintegration



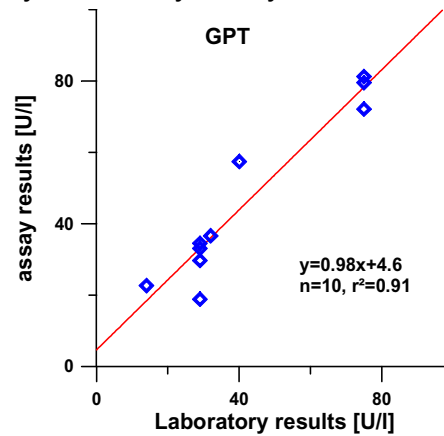
Systemintegration

Elektronische Systemebene



Systemintegration

Correlation:
Enzyme activity assay / clinical Lab- results



Chair of Sensors

Systemintegration

Kostenabschätzung

Bei Stückzahlen bis 10^5 /Jahr Personalkosten dominieren

Stückpreise von modularen hybriden Systemen ab 10^4 /Jahr
von 5-10 Euro realisierbar

Systemintegration

KOSTENGÜNSTIGE SYSTEMINTEGRATION ERFORDERT:

Technologische Realisierbarkeit der Komponenten

Im Automotivbereich – Sicherheit erste Priorität

Im Bio-Bereich – Sicherheit! Komponenten sind äußerst komplex und schwierig zu fertigen

Wahl der richtigen Technologie

Wahl der richtigen Assemblierungsstrategie

Systemintegration

eine Patentlösungen!

immer die Systemlösung im Auge haben

Was gibt der Markt her?

Welche Komponenten muss ich verwenden?

Wahl der richtigen Technologie

Verfügbarkeit versus Optimallösung

Welche Assemblierstrategien