Vor-Ort Lebensmittelanalyse mit dem Mobiltelefon

microtec nord – Norddeutscher Mikroelektronik Tag
Mikrotechnologien für die Digitalisierung

Heinrich Grüger
Fraunhofer IPMS
Maria-Reiche-Str. 2
Dresden

Inhaltsübersicht

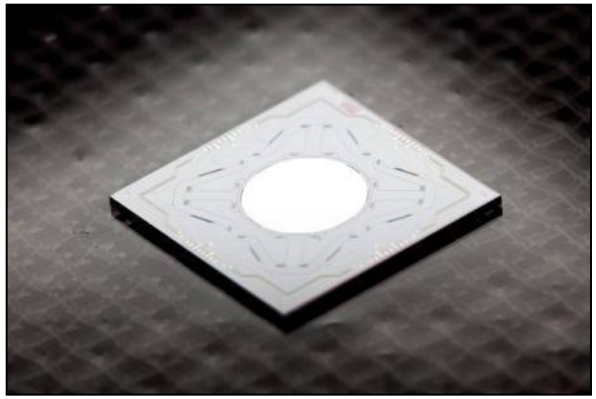
- Vorstellung
- Einleitung
- Technologische Aspekte
- Bau miniaturisierter Gitterspektrometer
- Systemintegration
- Beispiele
- Zusammenfassung und Ausblick

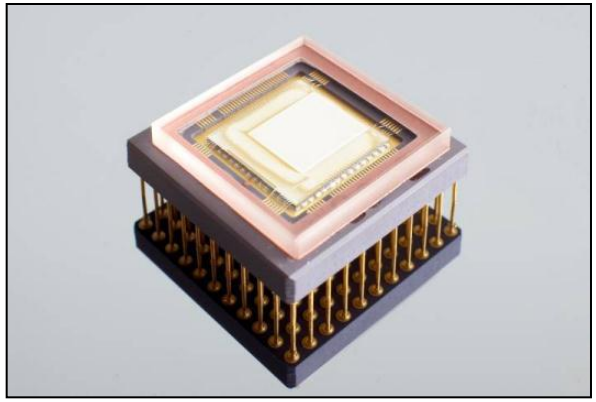
Vorstellung Fraunhofer IPMS

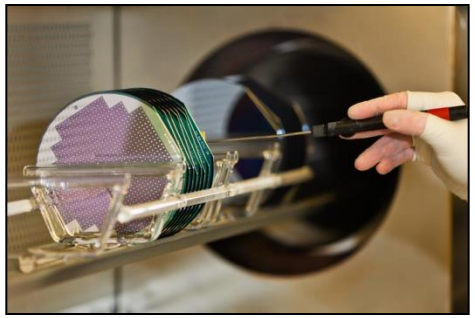
- Fraunhofer IPMS in Dresden
  - 280 Wissenschaftler und Ingenieure
  - ca. 40 Mio. € Forschungsvolumen pro Jahr
  - 1300 m² MEMS Reinraum in Dreischichtbetrieb

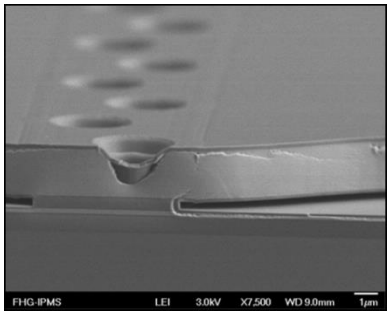
Vorstellung Fraunhofer IPMS

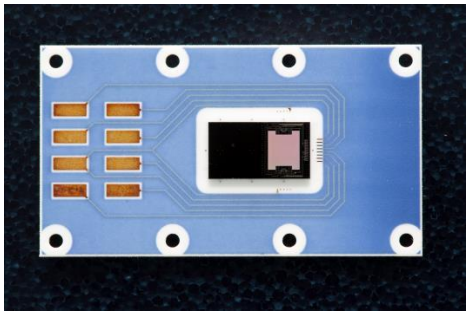
- Reinraum des IPMS











Einleitung

Motivation Lebensmittelanalytik mit dem Mobiltelefon:

- Gesunde und ausgewogene Ernährung
- Balance zwischen Essen und Bewegung
- „Food Waste“ reduzieren

⇒ Vielen Menschen fehlt die Expertise
⇒ Beratung durch „Expertensystem“ aussichtsreich
⇒ Mobiltelefon als Plattform mit Kamera und Spektrometer

Einleitung

Qualitätsparameter von Lebensmitteln:

- Zusammensetzung
- Reife
- Frische

Einleitung

Erfassung der Qualitätsparameter von Lebensmitteln:

- Hauptkomponentenanalyse
- Messung an einigen (wenigen) Stellen
- Zerstörungsfrei
- Nicht-invasiv
- Tiefeninformation

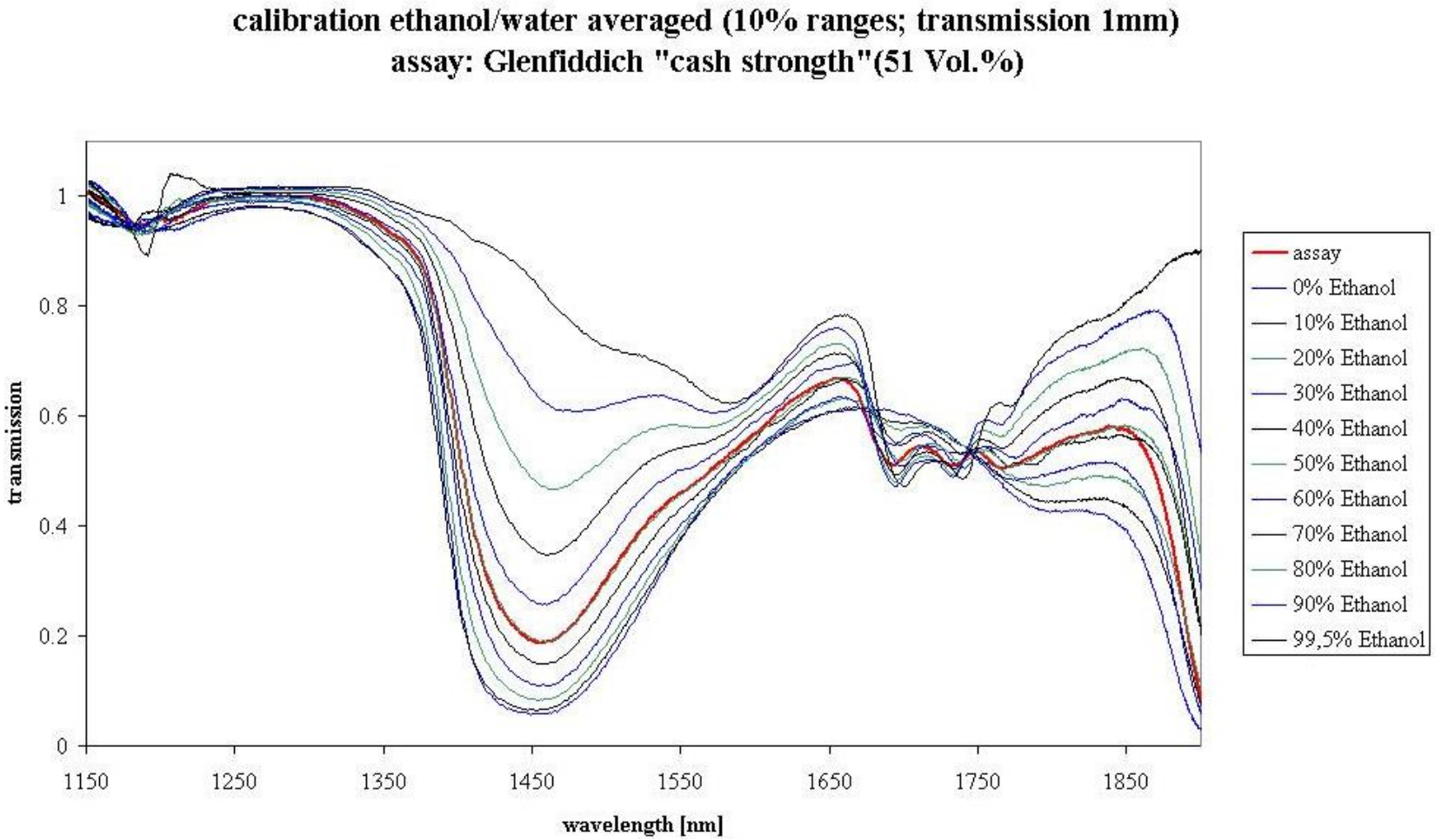
Vorteilhaft in allen Aspekten: NIR Spektralanalyse

Grenzen: Keine Spurenanalytik (Mikrobiologie, Toxikologie)

Auswertung von Spektren i.d.R. anspruchsvoll

Einleitung

Hauptkomponentenanalyse durch Chemometrie



Einleitung

„Vor-Ort Lebensmittelanalyse mit dem Mobiltelefon“ durch die Erfassung von Qualitätsparametern beliebiger Lebensmitteln stellt hohe Anforderungen an die Systemeigenschaften:

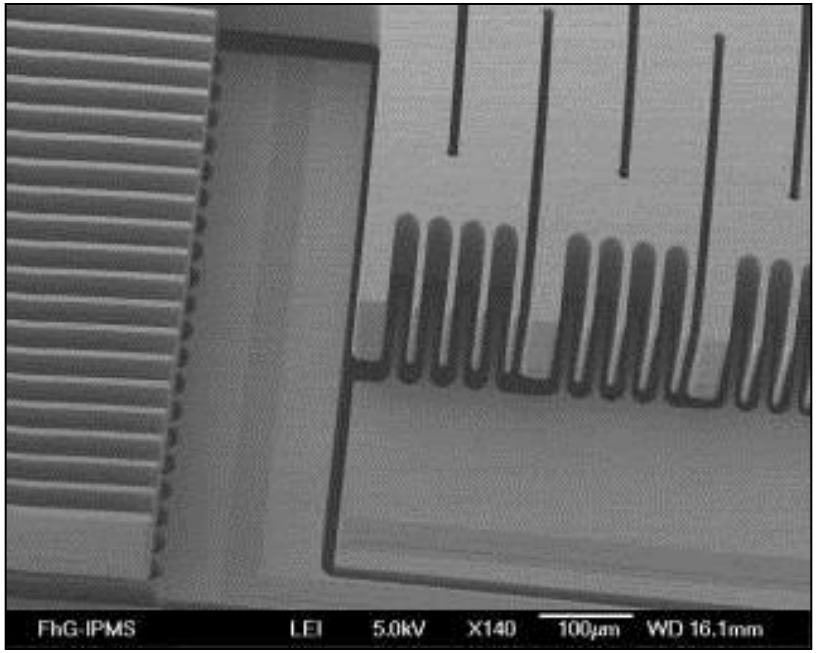
- Preiswert (3 … 100 €)
- Portabel (klein und leicht)
- Immer und überall möglich (Datenbankanbindung)

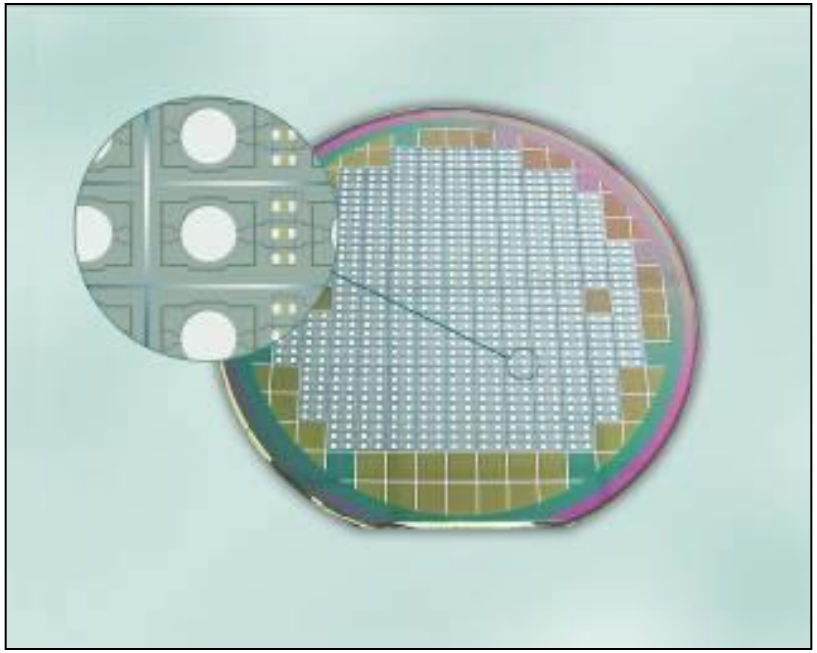
⇒ Analyse-System gekoppelt mit dem Mobiltelefon oder sogar darin integriert!

⇒ Mikrosystemtechnik & Mikroelektronik

Technologische Aspekte

- MEMS Basistechnologie





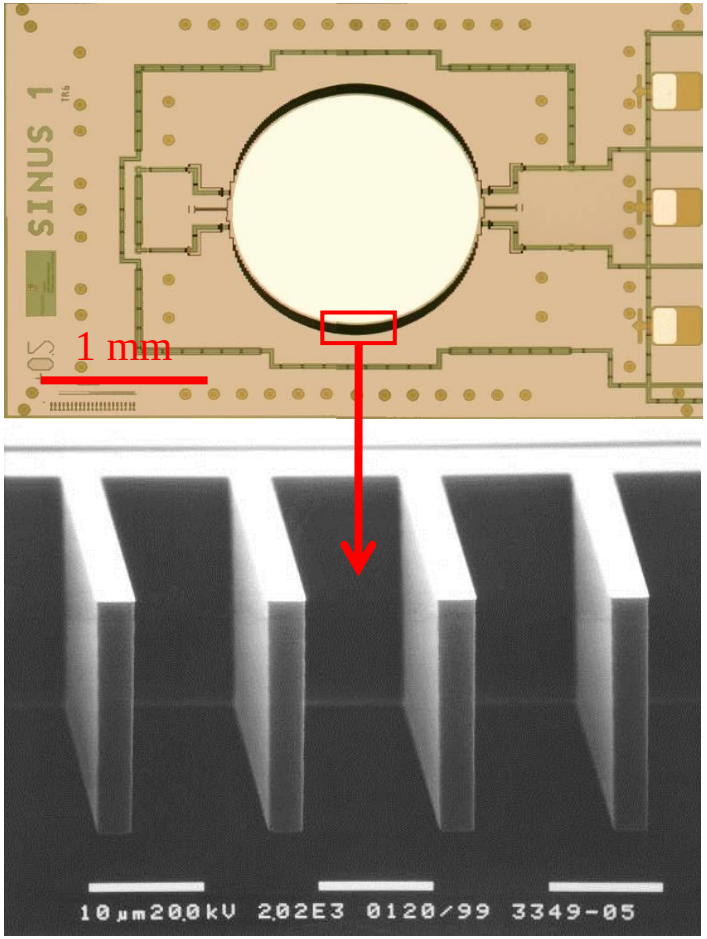
Technologische Aspekte

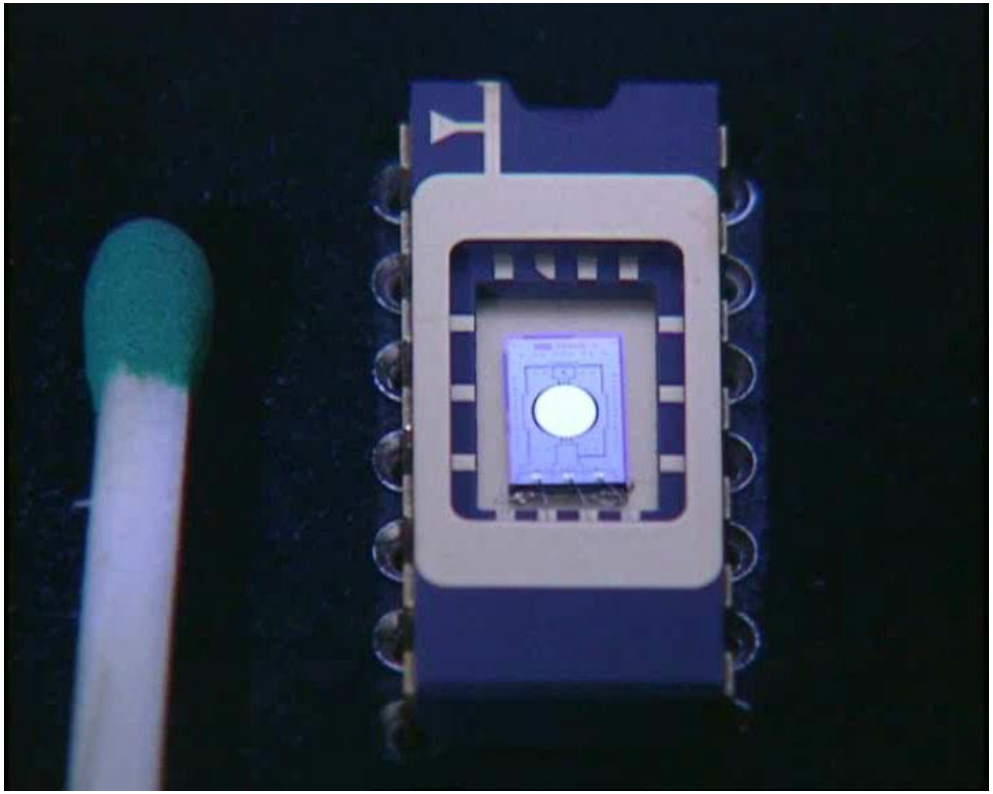
MEMS Basistechnologie

- MEMS („*micro electro mechanical systems*“)
- Kostengünstige Fertigung in großen Stückzahlen
- Monokristallines Silizium als Werkstoff mit guten Eigenschaften
- Kombination mit Silizium Halbleiterbauelementen

Technologische Aspekte

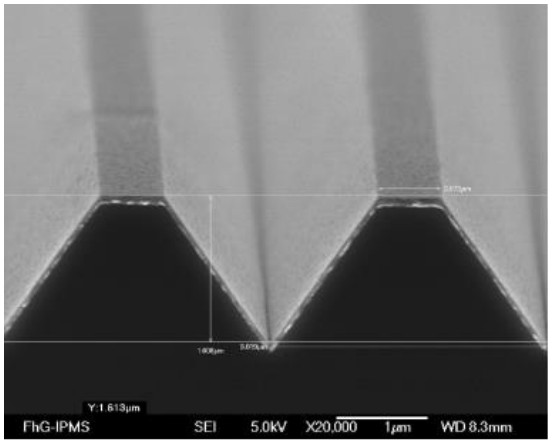
- Startpunkt: Resonanter MEMS Scannerspiegel

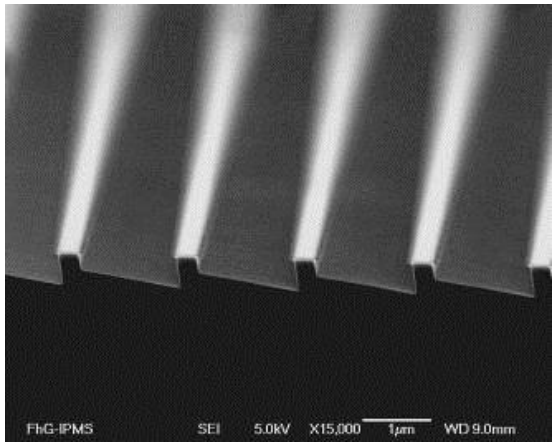


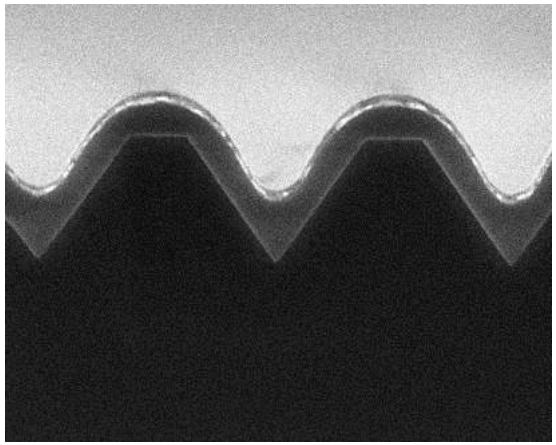


Technologische Aspekte

- Zusätzliche MEMS Gitterstrukturen:
  - Anisotropes Siliziumätzen
  - Einfacher Nassprozess mit Hartmaske, geringe Unterätzung
  - Glatte Oberflächen
  - Gittereffizienzen bis 85%



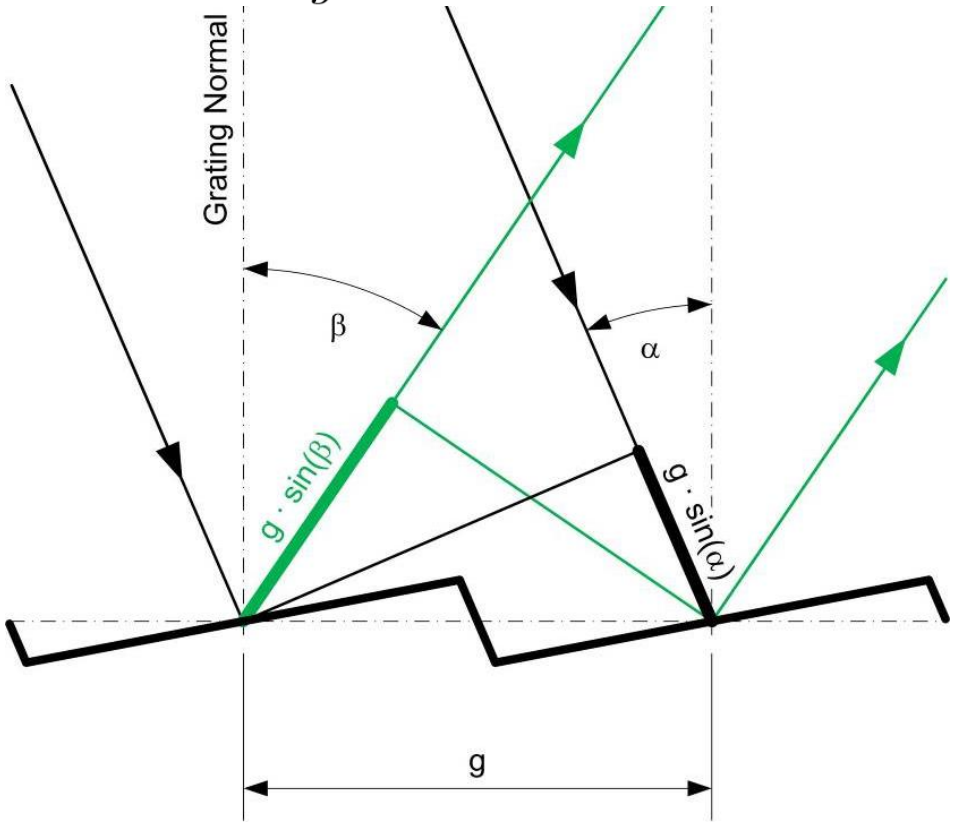




Bau miniaturisierter Gitterspektrometer

- Grundlage: Beugung am periodischen Reflexionsgitter

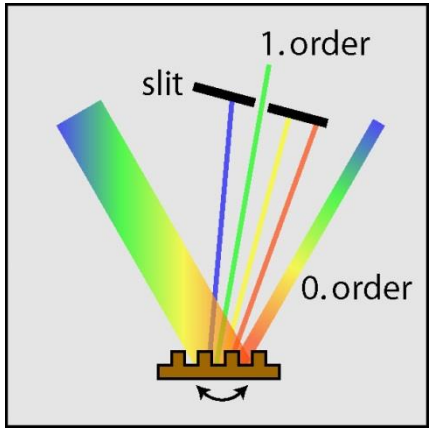
Gittergleichung: $$\frac{m\,\lambda}{g} = \sin(\alpha) + \sin(\beta)$$



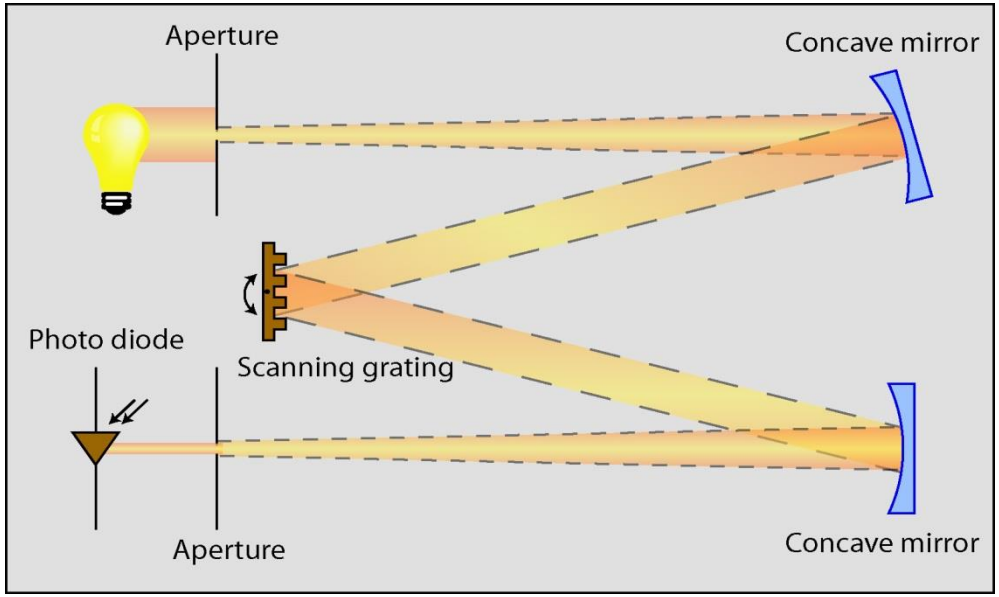
Bau miniaturisierter Gitterspektrometer

- Arbeitsprinzip:

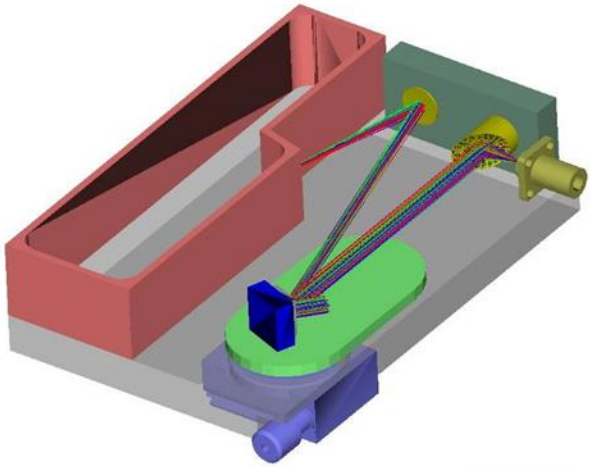
  Scannen der ersten 1. Beugungsordnung

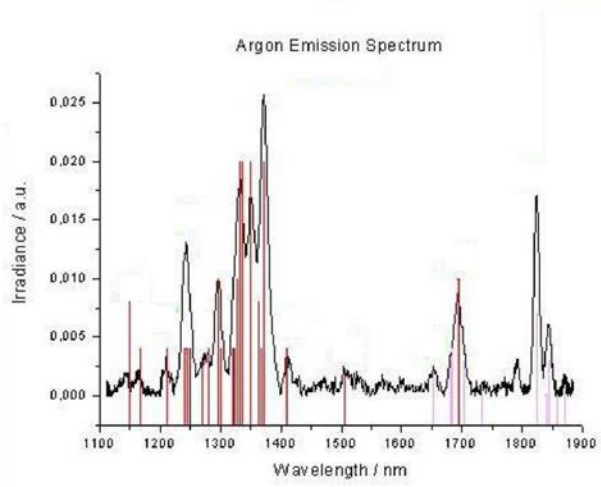


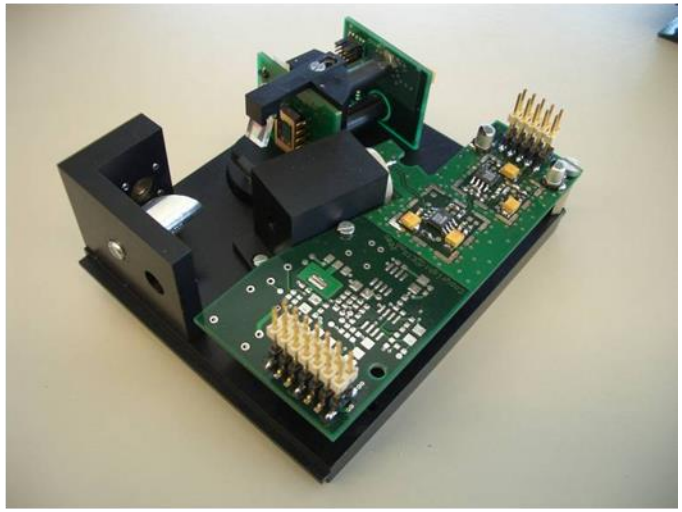
- Czerny-Turner Anordnung
  - 2 konkave Spiegel
  - Gitter
  - InGaAs Photodiode

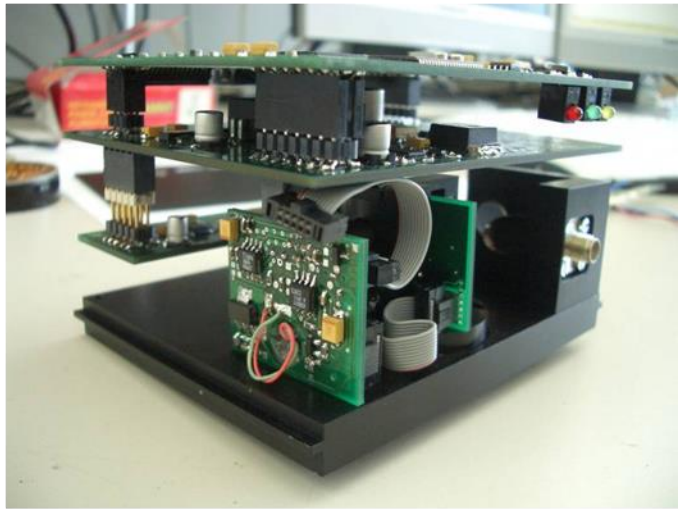


Bau miniaturisierter Gitterspektrometer



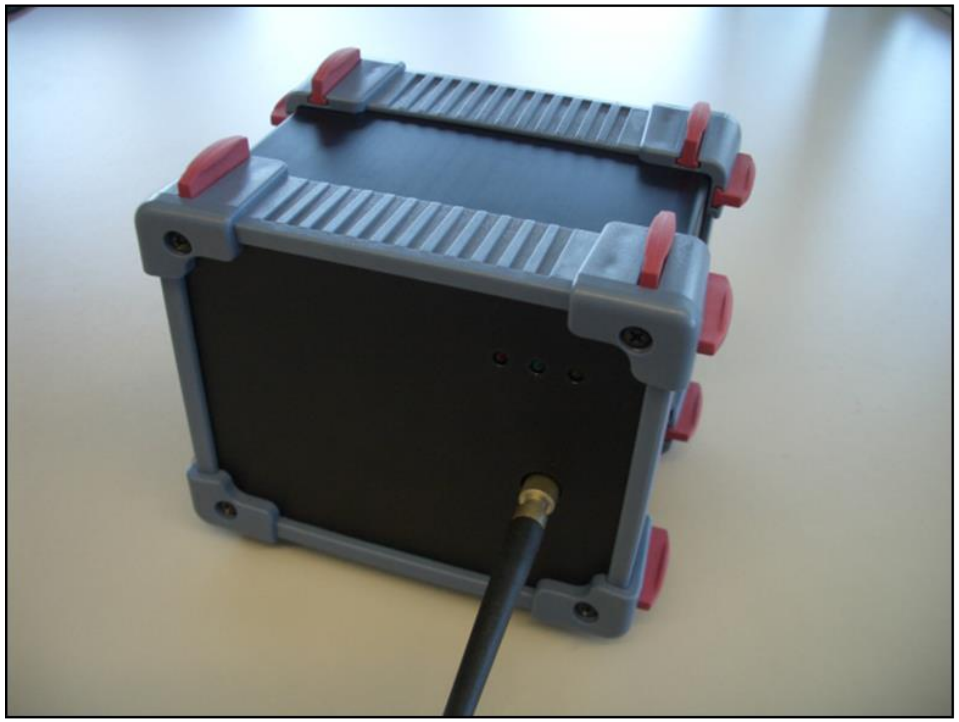






Bau miniaturisierter Gitterspektrometer

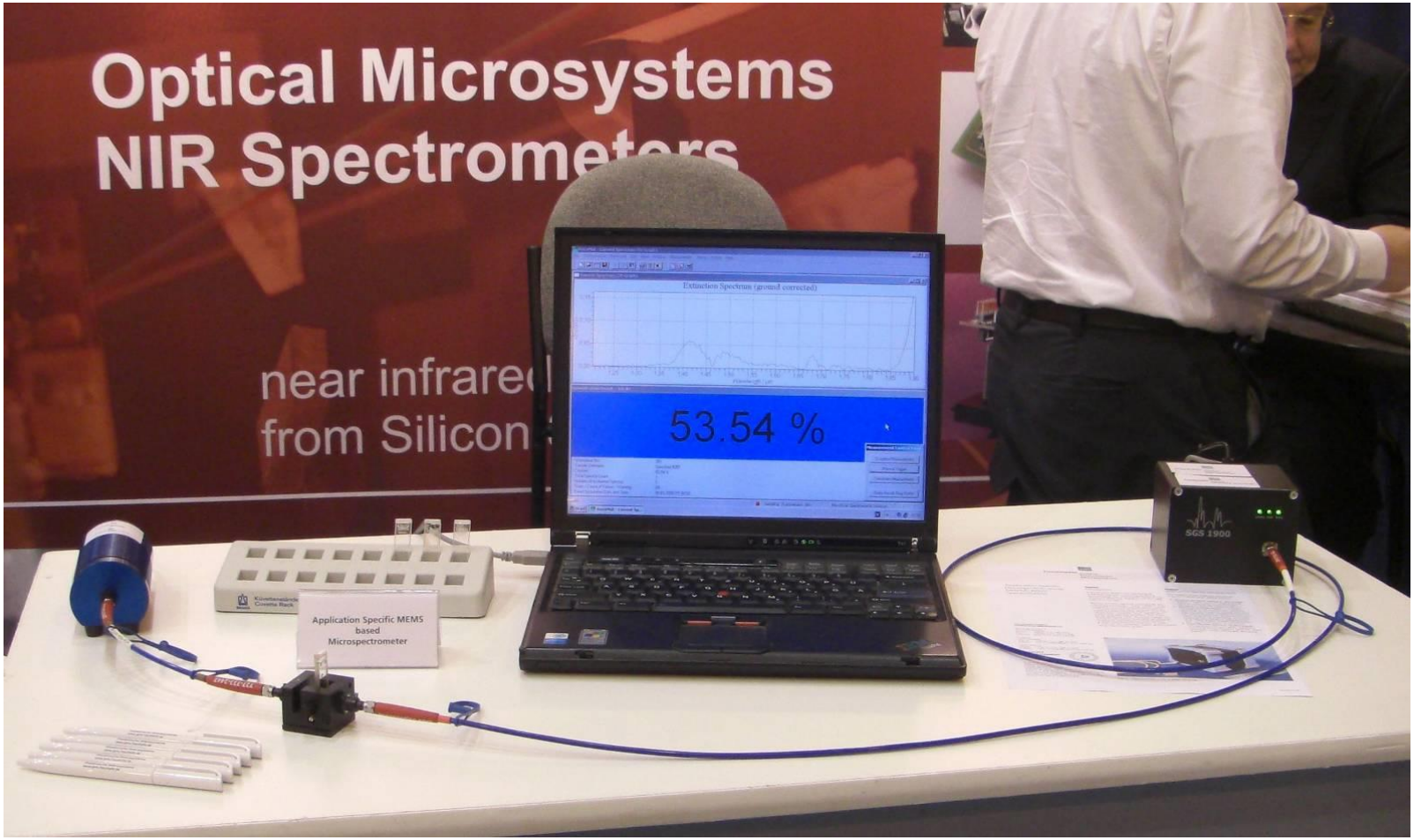
MEMS Scanning Grating Spektrometer SGS 1900



- Bereich 950...1900nm
- Größe 120 x 90 x 80 mm³
- Auflösung <10nm
- λ-Stabilität 0.5...1nm
- TI TMS320F2812 (120MIPS)
- 12 Bit AD-Converter
- USB 1.1 Interface

Bau miniaturisierter Gitterspektrometer

- Demosystementwicklung: Quantitative Analyse von Spirituosen

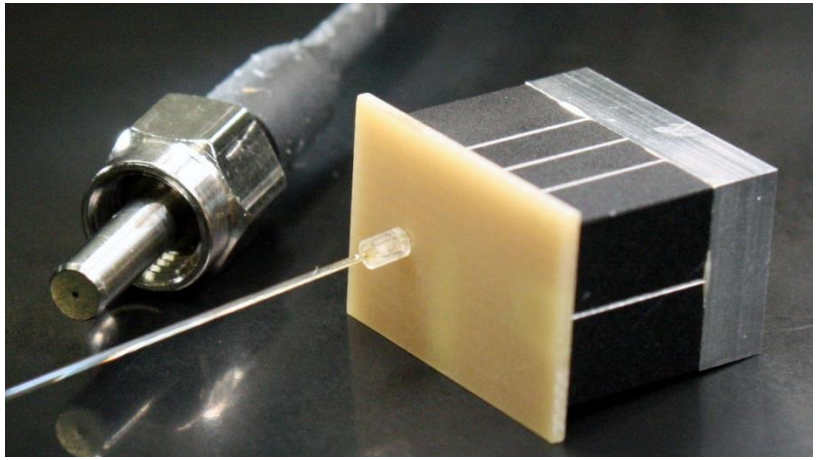


Bau miniaturisierter Gitterspektrometer

- Technische Grenzen der Miniaturisierung
- Neuer Ansatz: Hybride Integration eines Substratstapels

Ziel: Minimale Baugröße bei unveränderten Systemeigenschaften!

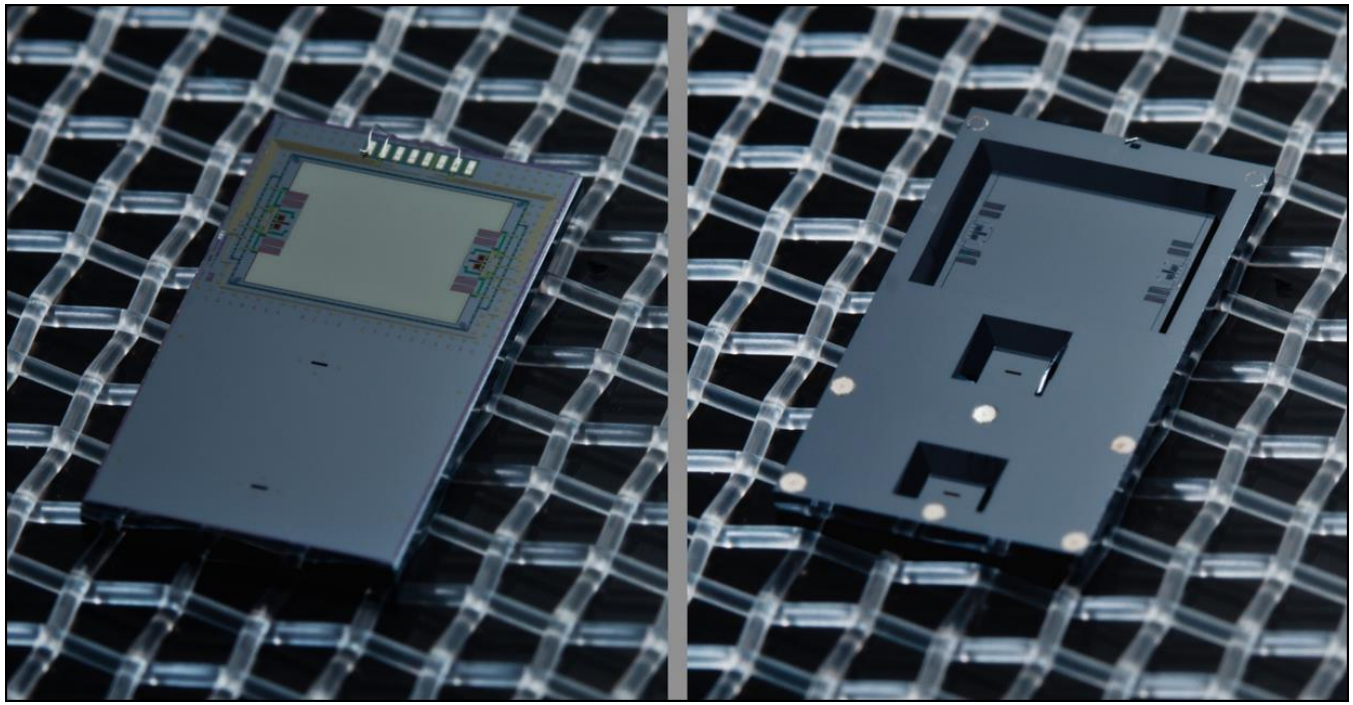
720 cm³



2,1 cm³

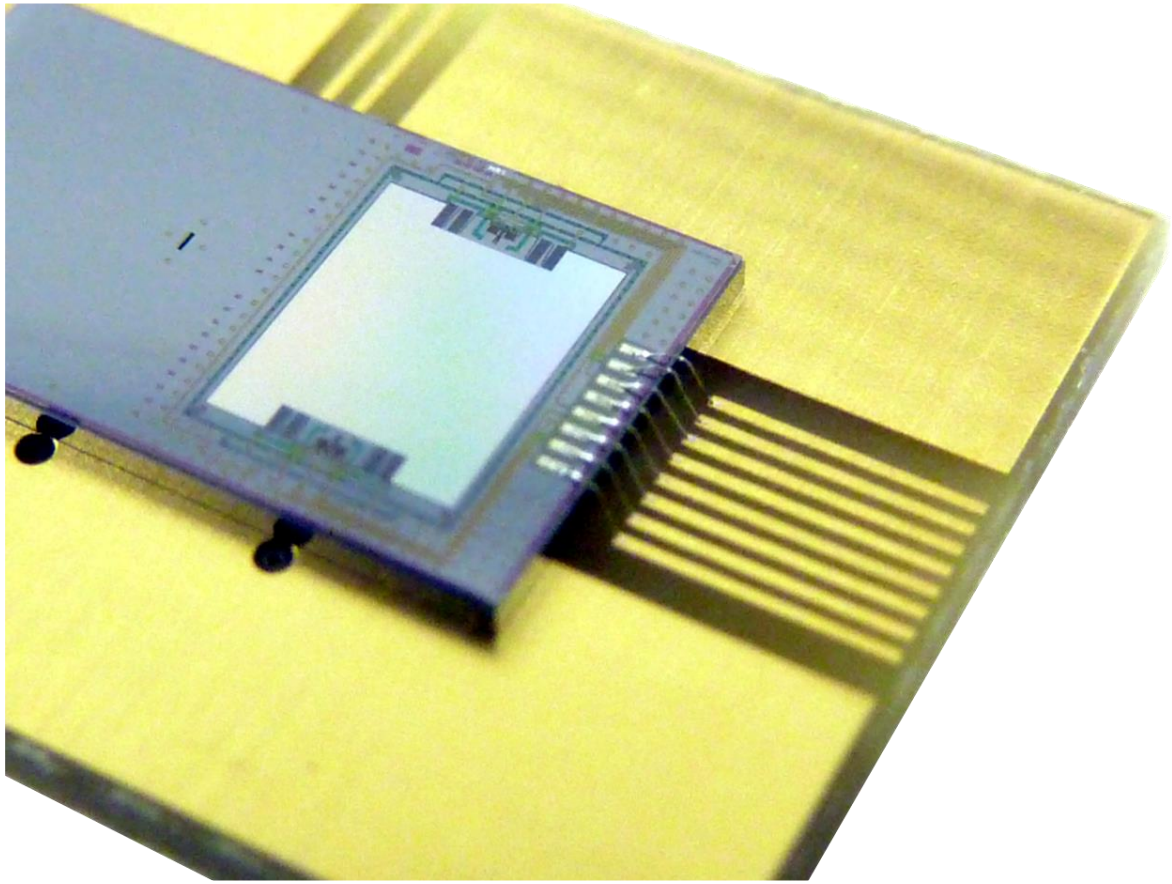
Bau miniaturisierter Gitterspektrometer

- MEMS Bauelement
  - Etablierte Gittertechnologie mit Positionssensor
  - Zusätzliche optische Spalte und Kavitäten



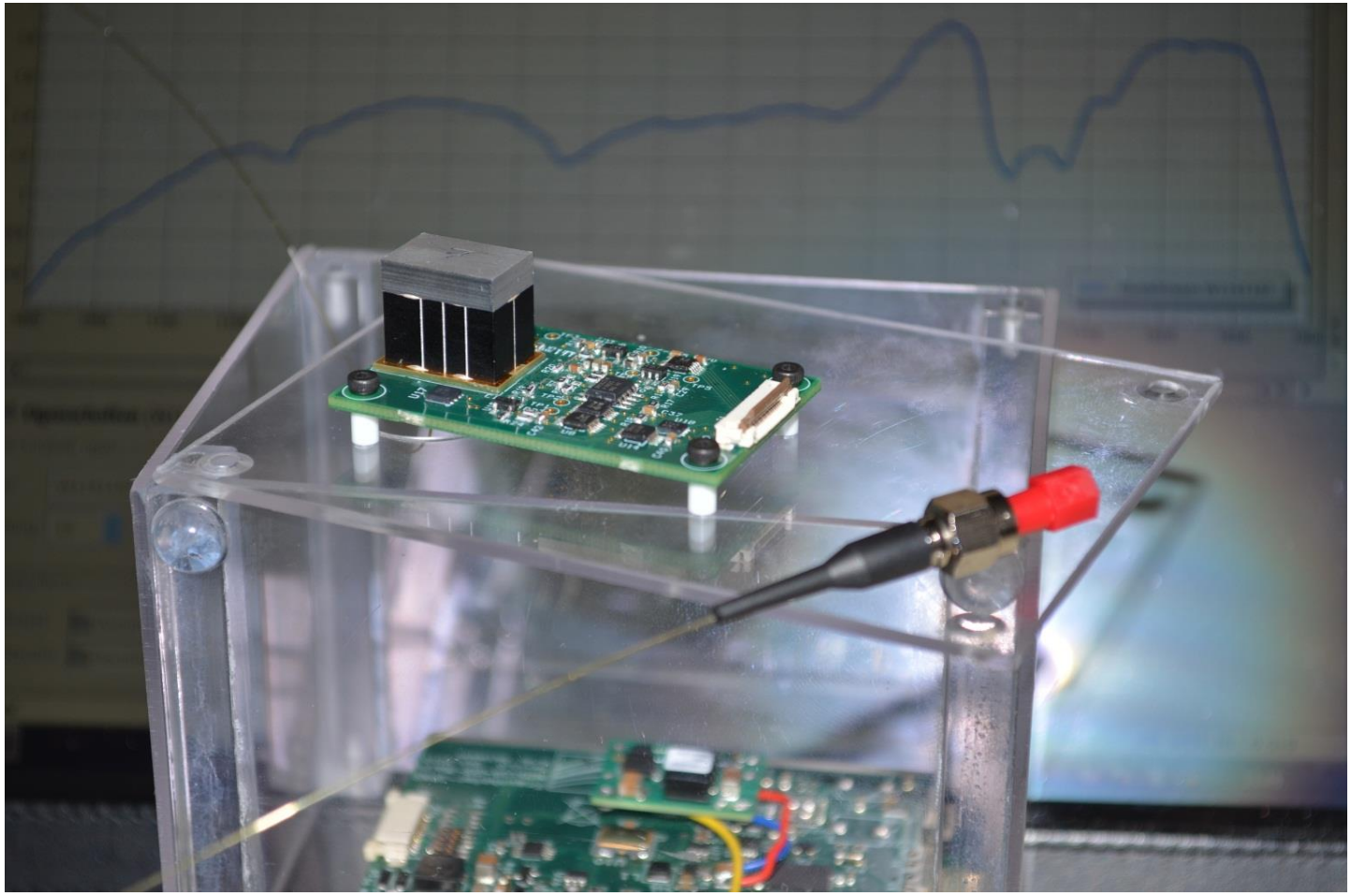
Bau miniaturisierter Gitterspektrometer

- Subassembly
  - Platine
  - Photodetektor
  - MEMS



Bau miniaturisierter Gitterspektrometer

- Hybridspektrometer - Gesamtsystem



Systemintegration

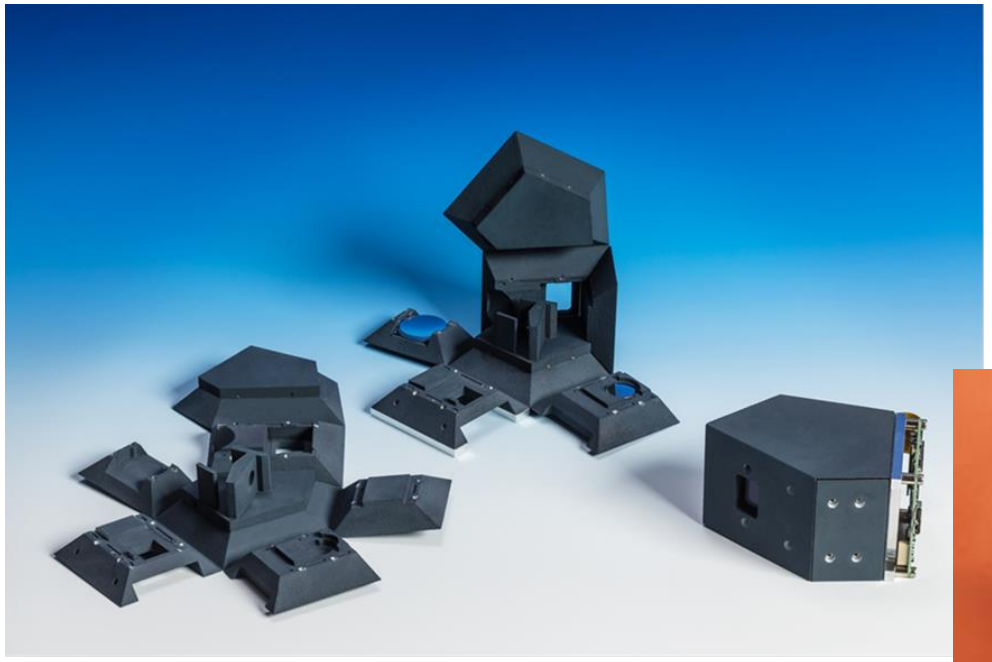
- Demosystem: Spektrometer für Mobiltelefon

Systemintegration

Weitere Miniaturisierung

Systemintegration

Neues Integrationskonzept für kostengünstige Fertigung



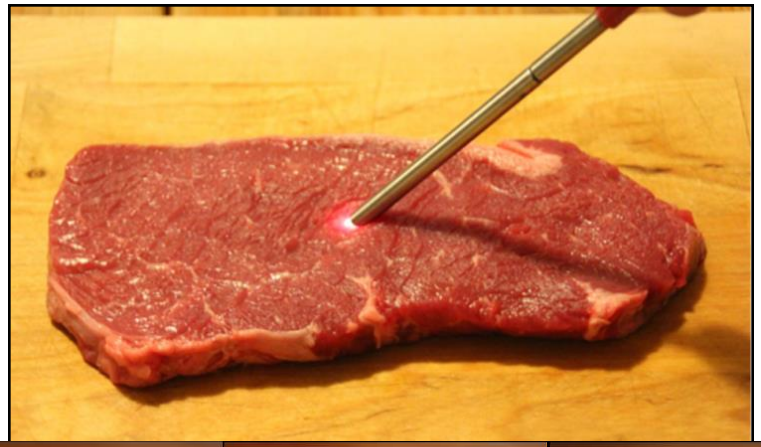
Systemintegration

Systemsynergie mit anderen Komponenten
(+ intelligente Software zur Anleitung des Nutzers)

Erweiterte Funktionalität durch Einbeziehen einer Bewegungsanalyse ermöglicht komplexe Ernährungsberatung

Beispiele

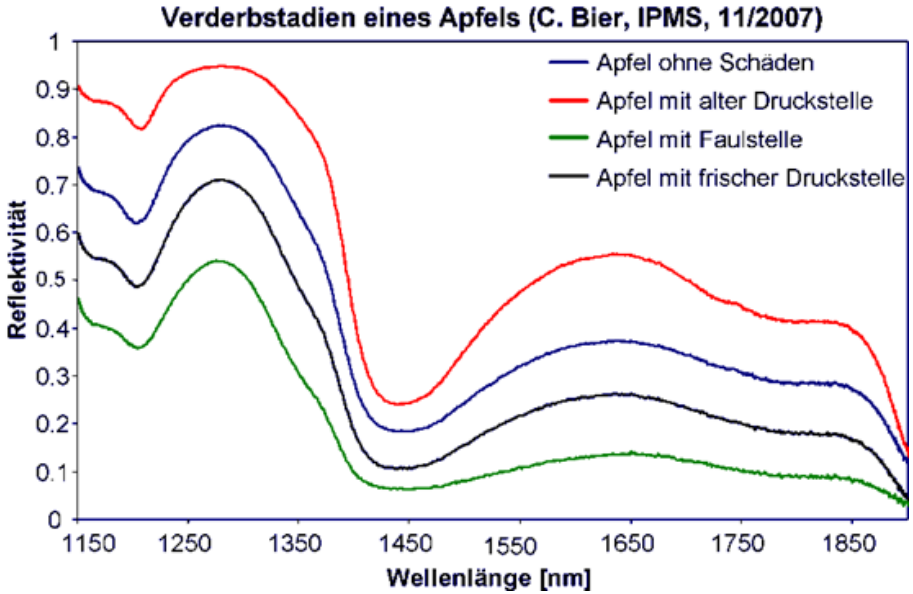
Lebensmittelanalytik an Rindfleisch (Food Processing)



1min 3min „well done“

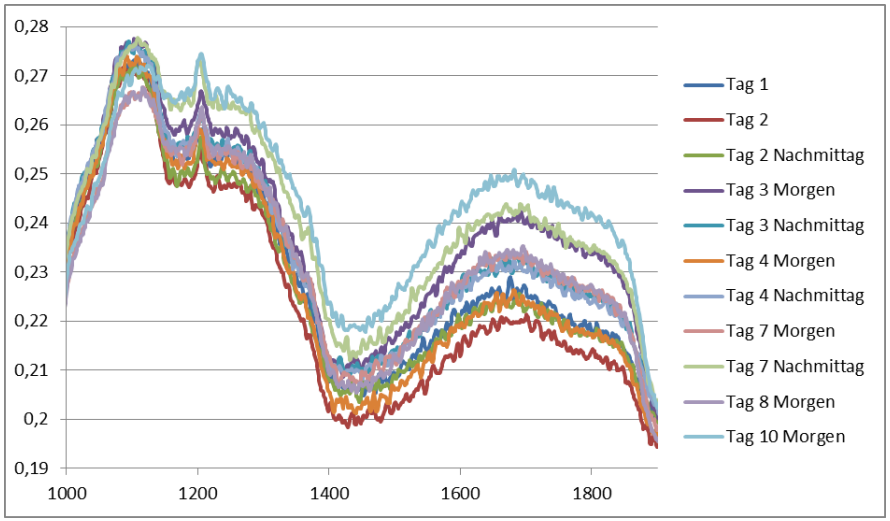
Beispiele

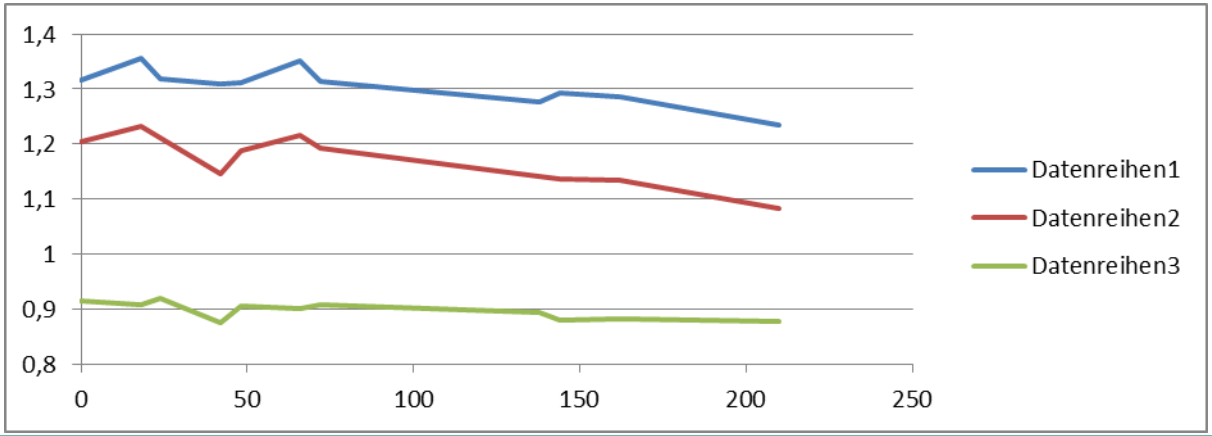
Lebensmittelanalytik an Obst / Gemüse (Reife … Verderbnis)



Beispiele

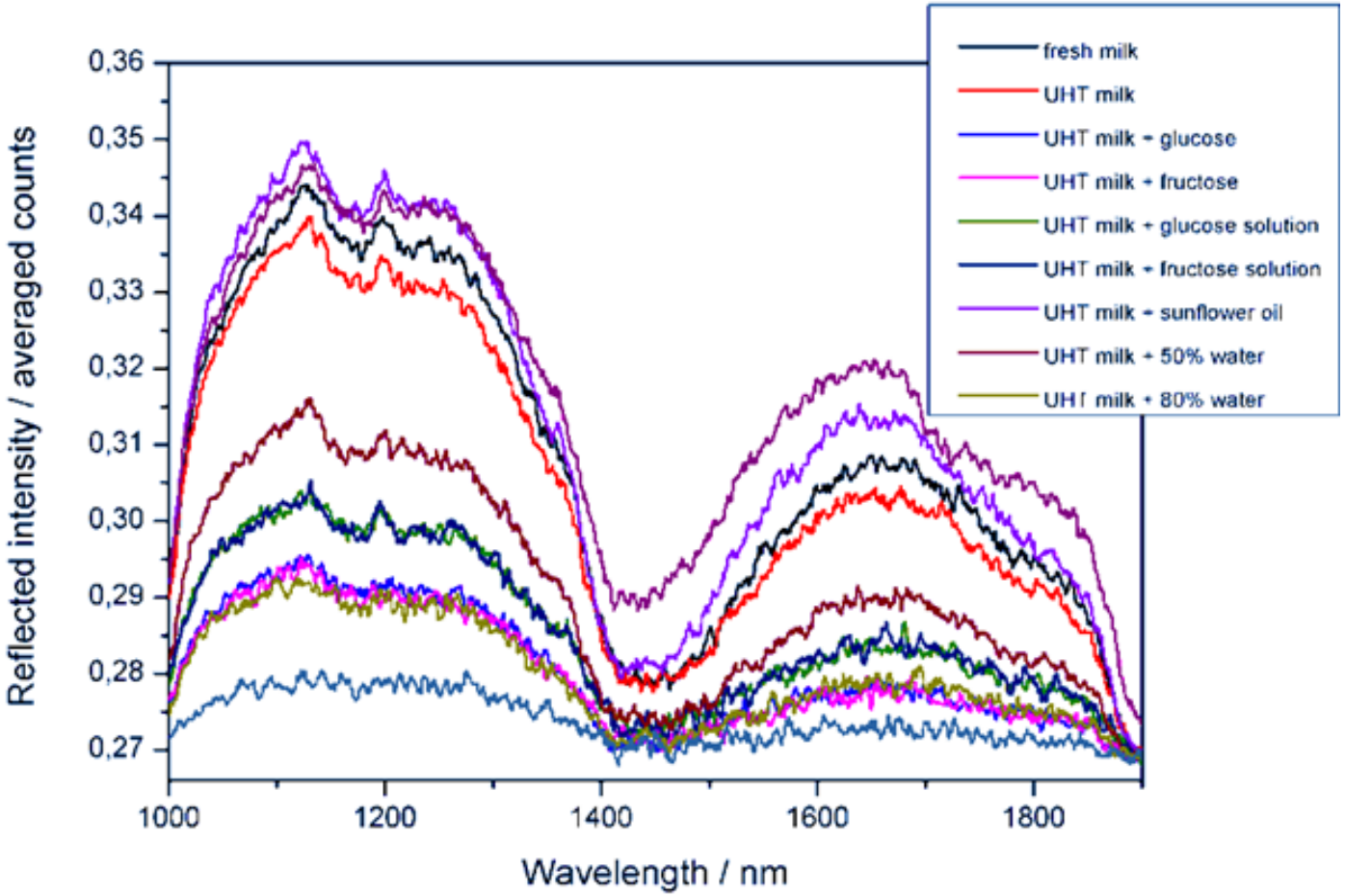
Lebensmittelanalytik an Obst (Frischetrend)





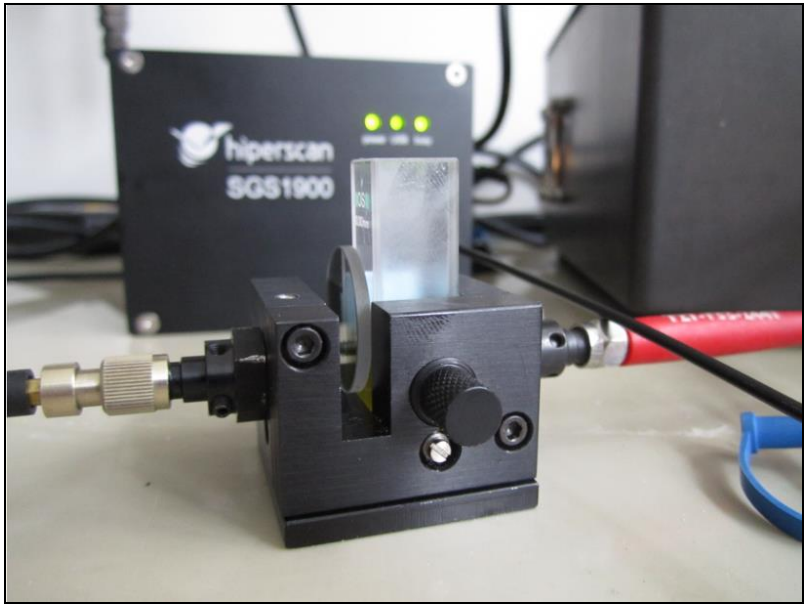
Beispiele

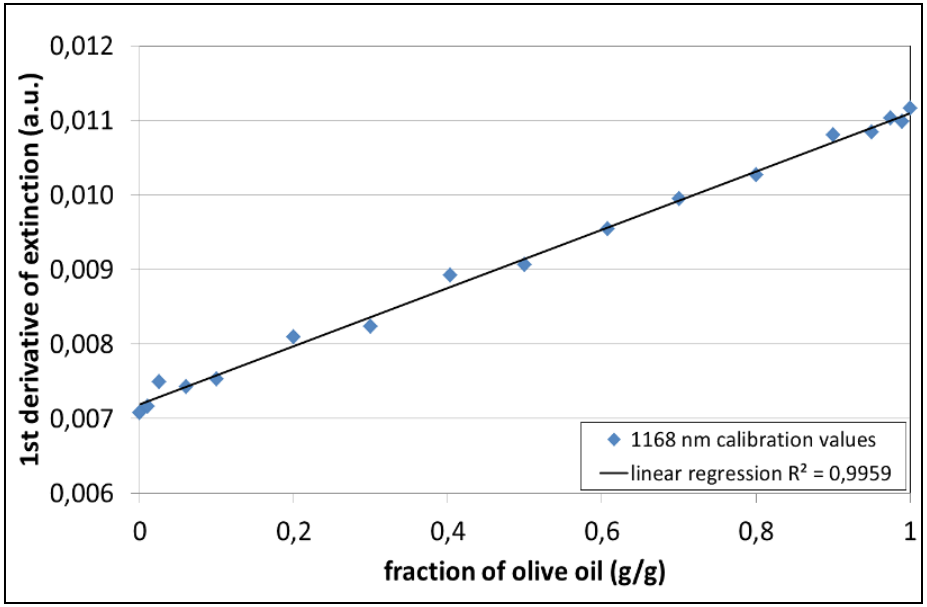
Lebensmittelanalytik an Milch (Beimischungen erkennen)



Beispiele

Lebensmittelanalytik an Speiseöl (Anteil Fremdöl in Olivenöl)





Zusammenfassung und Ausblick

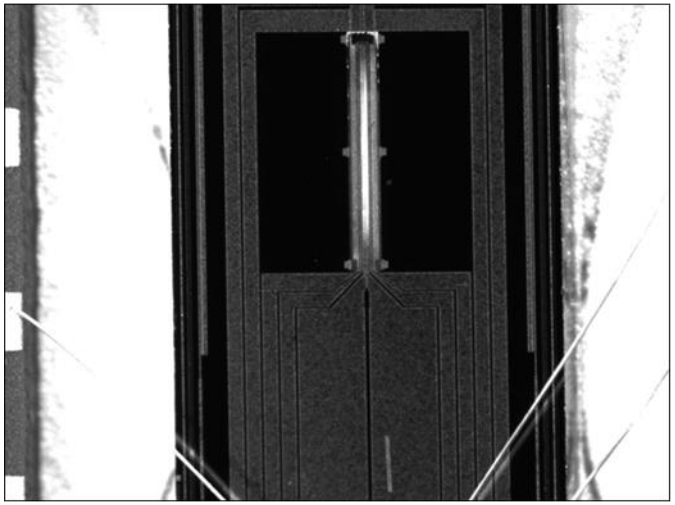
„Conclusion“:

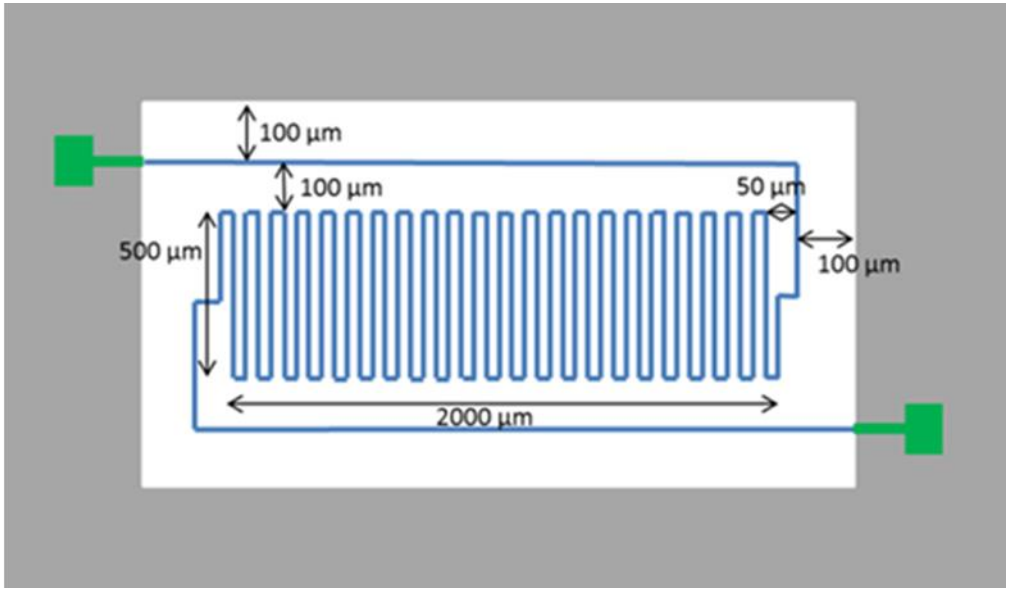
- Miniaturisierte NIR Spektrometer für die Integration in Mobiltelefone sind aus technischer Sicht machbar
- Kostenaspekte sind äußert anspruchsvoll
- Spektralanalyse erfordert mehr:
    - Lichtquelle
    - Datenbank
    - Neue Algorithmen / Ansätze für die Auswertung

Zusammenfassung und Ausblick

Zukunft:

- Integrierbare Lichtquellen





Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Finanzierung durch Fraunhofer MEF &Vintage Class Programme,
7. EU Rahmenprogramm, u.a..