

# Smart Dust

VIROR-Teleseminar WS 2001/2002

Ubiquitous Computing

Thorsten Stetter  
Universität Mannheim

17. Dezember 2001

# Gliederung des Vortrags

1. Einführung
2. Architektur
3. Anwendungen
4. Sensor-Netzwerke
5. Zusammenfassung

# Ubiquitous Computing

## **Ubiquitous Computing:**

- Allgegenwärtigkeit der Informationsverarbeitung
- Rechner sollen nicht mehr wahrgenommen werden

## **Ermöglicht wird dies durch:**

- erhöhte Leistungsfähigkeit und damit einhergehenden Verkleinerung bei Prozessoren und Speicher
- Entwicklungen in der Materialwissenschaft (z.B. Sensoren, leuchtendes Plastik, „elektronische Tinte“)
- Fortschritte in der Kommunikationstechnik (drahtloser Bereich)

# Zielsetzung des Projekts

## „Smart Dust“

- Entwicklung eines autonomen Sensor-, Rechner- und Kommunikationssystems, des sog. „Mote“ (dt. Splitter).
- Erforschung der Grenzen heutiger Mikrofabrikationstechnologie (im Ggs. zu futuristischen Technologien).
- Dieser Mote soll eine Größe von 1 Kubikmillimeter besitzen.
- Der Mote ist Grundlage für integrierte massiv verteilte Sensor-Netzwerke.

# Einordnung von Smart Dust in Ubiquitous Computing

Das Smart-Dust Projekt verfolgt ähnliche Ziele, wie Ubiquitous Computing:

- **Miniaturisierung**
- **autonome Mini-Rechner Systeme**
- **massiv verteilte Netzwerke**

# Projekt „Smart Dust“

**Einrichtung:** Department of Electrical Engineering and  
Computer Sciences an der University of  
California, Berkeley

**Projektteam:** PI: Kristofer S.J. Pister  
Co-PIs: Joseph M. Kahn, Bernhard Boser,  
R.H. Katz

**Förderung:** Defense Advanced Research Projects  
Agency's Microsystems Technology  
(DARPA)

# Gliederung des Vortrags

1. Einführung
- 2. Architektur**
3. Anwendungen
4. Sensor-Netzwerke
5. Zusammenfassung

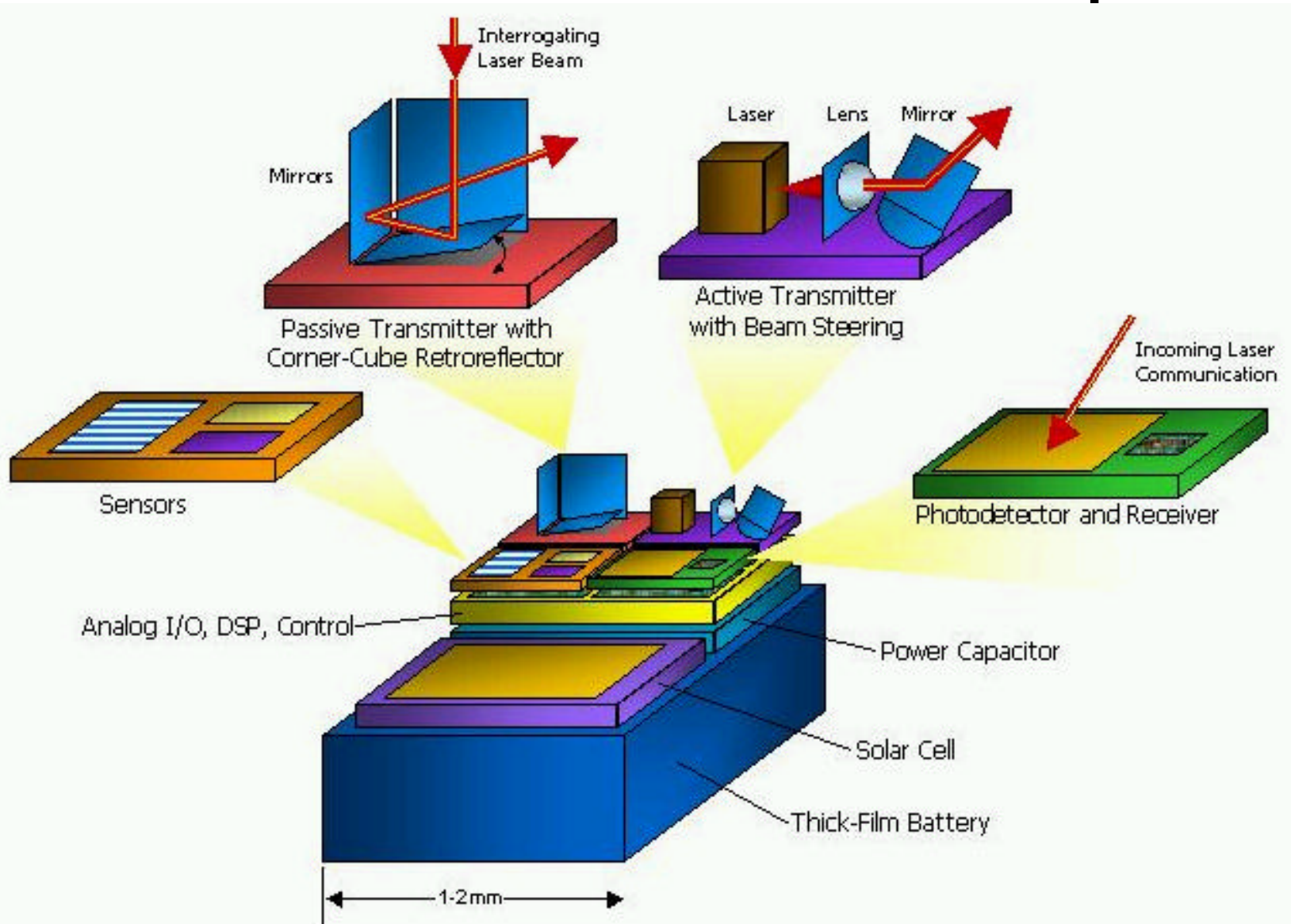
# Smart Dust Erfordernisse

Smart Dust erfordert auf dem Weg zum ein Kubik-Millimeter Mote **evolutionäre** und **revolutionäre** Fortschritte in folgenden Bereichen:

- **Miniaturisierung,**
- **Integration** (von versch. Bauteilen) und
- **Energie-Management**



# Smart Dust Mote Konzept



# Smart Dust Architektur I

## **Stromversorgung:**

- Dickschicht-Batterie
- Solarzellen, mit der Möglichkeit die Batterie aufzuladen

## **Sensoren:**

Verschiedenste Sensoren, abhängig vom Zweck. Z.B. Licht-, Temperatur-, Vibrations-, Magnetfeld-, Akustik-Sensoren.

## **Integrierte Halbleiterschaltung,**

die die Sensorsignal-Verarbeitung, Kommunikationskontrolle, Datenspeicherung und das Energie-Management bereitstellt.

# Smart Dust Architektur II

## **Fotodiode**

ermöglicht optischen Datenempfang.

## **Corner-Cube Retroreflector (CCR)**

für passive Übertragung.

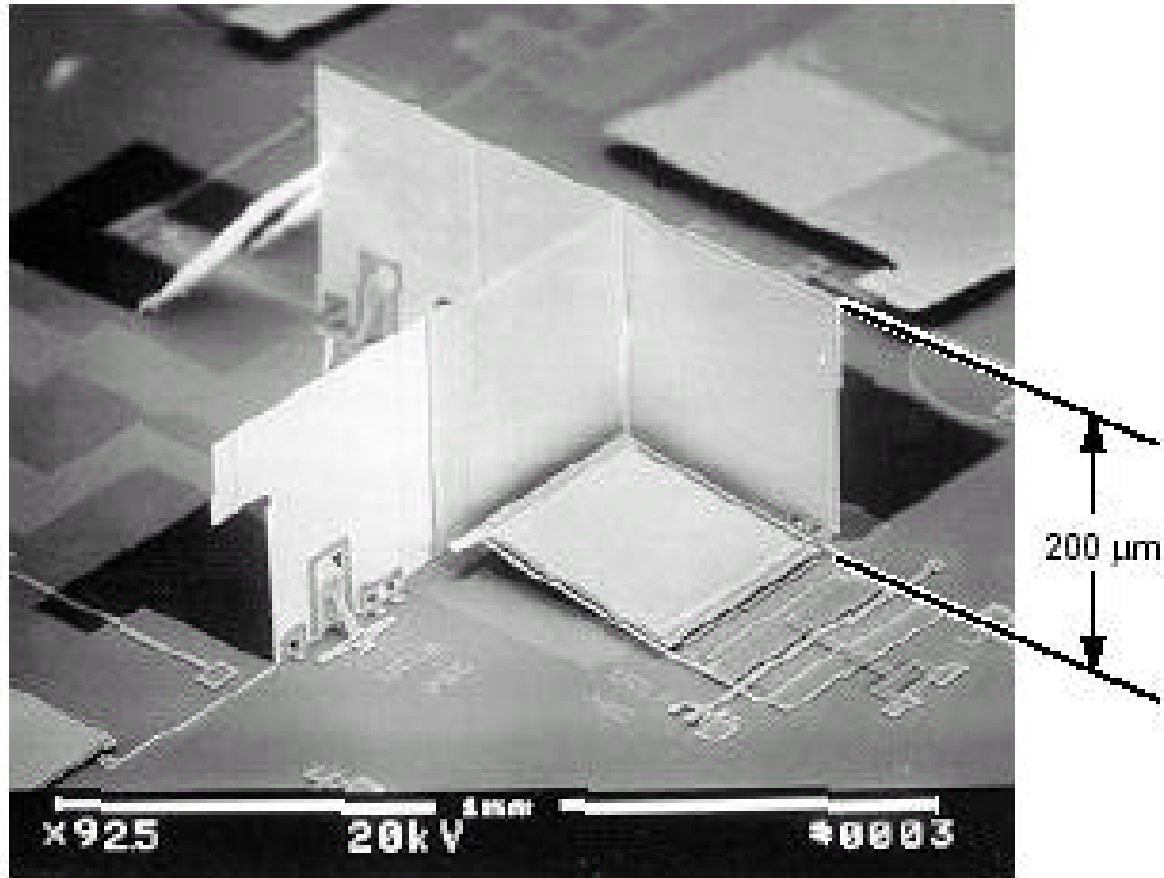
## **Laser Diode und steuerbare Spiegel**

für eine aktive Übertragung.

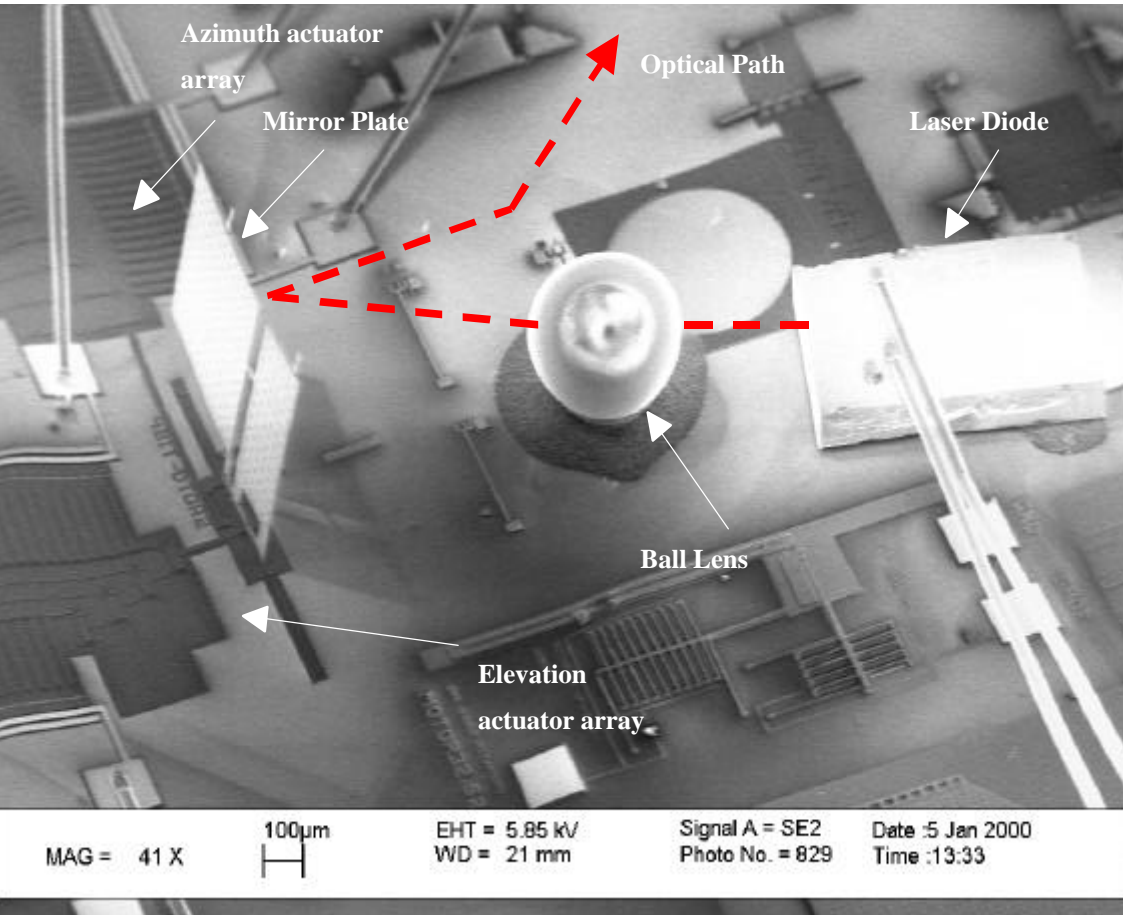
# Warum optische Übertragung?

- **Vorteile gegenüber Funkübertragung**
  - Exzellente Performance
  - Keine Regulation der Frequenzen
  - Space-Division, Multiple Access (SDMA)
  - On-Off-Keying
- **Nachteile gegenüber Funkübertragung**
  - Line-of-Sight Verbindung
  - Genaue Ausrichtung des Laserstrahls

# Corner-Cube-Retroreflector (CCR)



# Smart Dust Agile Laser Transmitter (SALT)

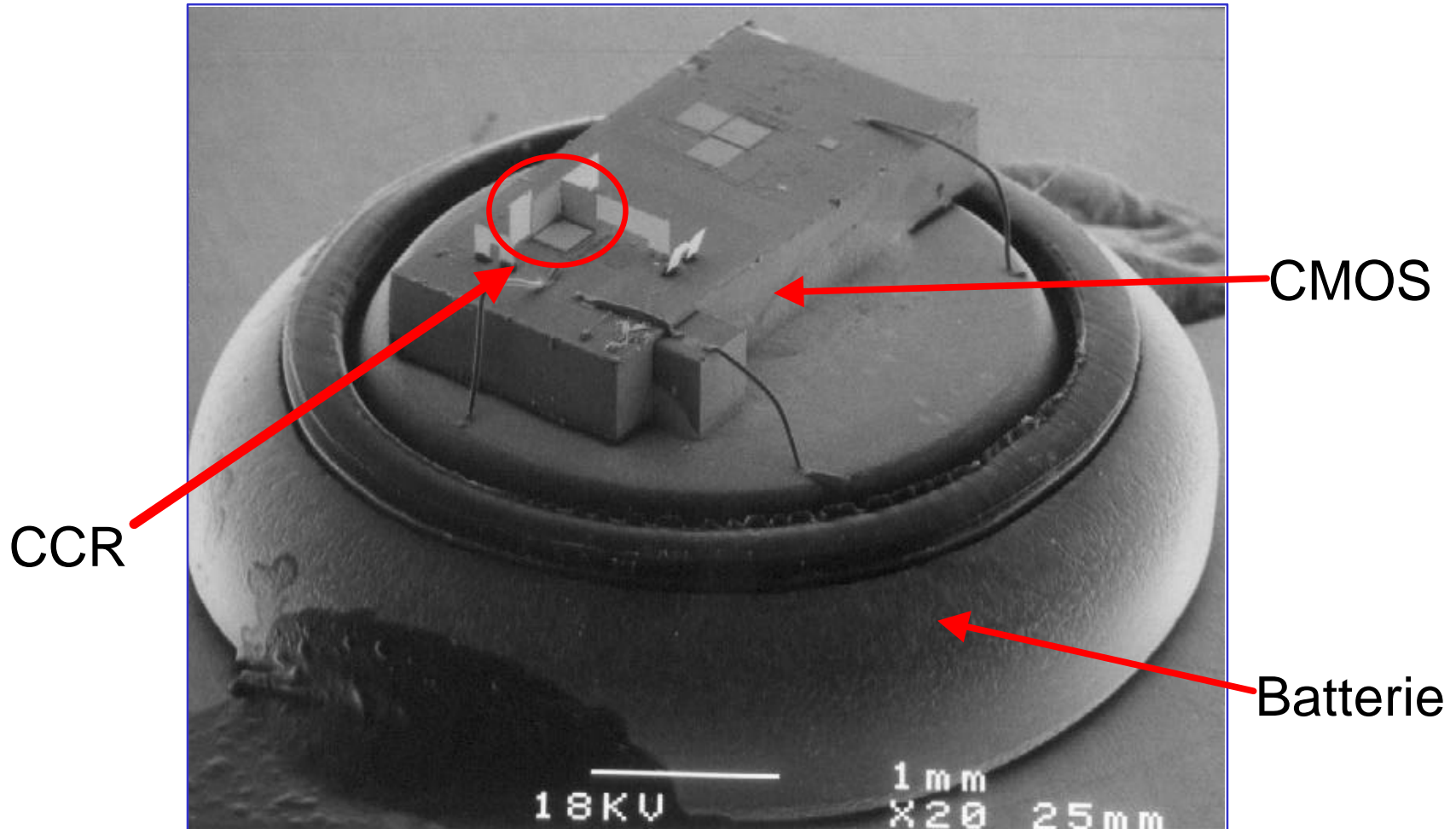


System:  
1Mbps  
2cm Reichweite

# Aktueller Stand

Autonomer bidirektionaler Communication Mote

Volumen: 63mm<sup>3</sup>



# Gliederung des Vortrags

1. Einführung
2. Architektur
- 3. Anwendungen**
4. Sensor-Netzwerke
5. Zusammenfassung



# Mögliche Anwendungen I

## Militärische Anwendungen:

- Verteidigungs-orientierte Sensor Netzwerke
- Waffen Arsenal Kontrolle/Rüstungskontrolle
- Überwachung feindlicher Truppen- bzw. Fahrzeugbewegungen
- Spionage an Orten, die z.B. nicht durch Satellit überwacht werden können
- Chemische und biologische Sensoren

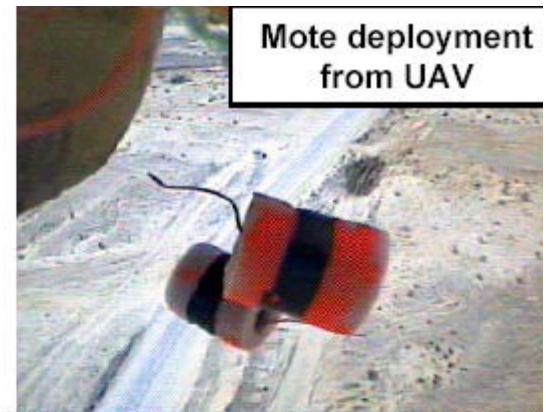
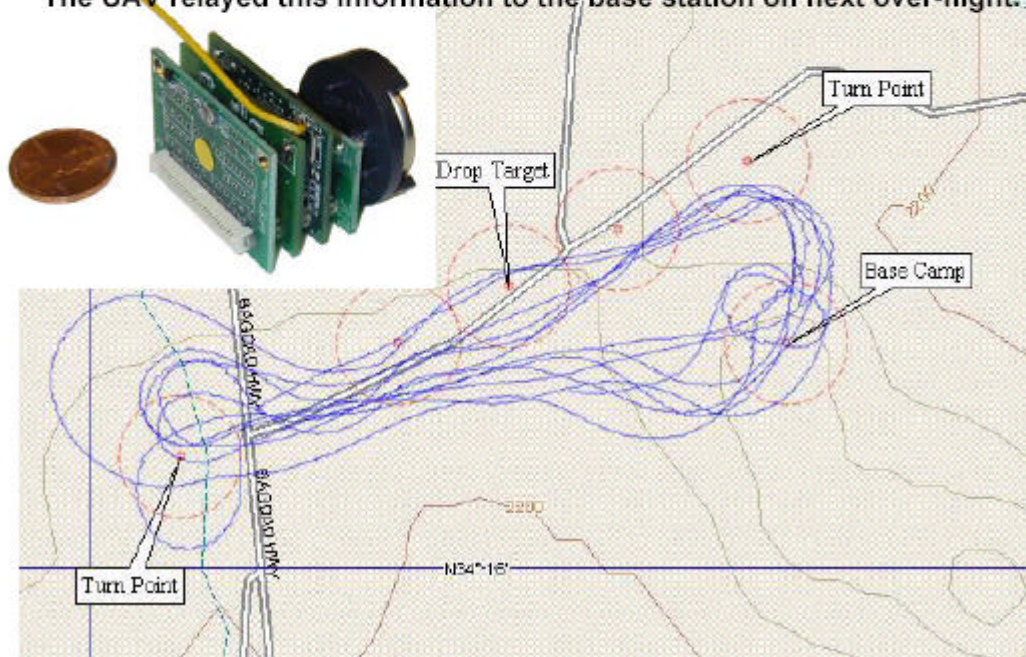
# SITEX01: Vehicle tracking with a UAV deployed network: UC Berkeley

6 wireless sensor nodes were dropped from a 5' UAV, landed at 5 meter intervals, established a multi-hop network, and synchronized clocks.

Passing vehicles caused a change in the local magnetic field. The motes sample their 2 axis magnetometers at 5 Hz, filter and threshold the data, and transmit a time-stamped message to the rest of the network when a vehicle is detected.

A least-squares estimate of vehicle velocity was calculated and stored by every mote for every vehicle, and motes update their estimated position assuming constant velocity vehicles.

Whenever the UAV returned, the network transmitted the vehicle track info. The UAV relayed this information to the base station on next over-flight.



# Mögliche Anwendungen II

## Zivile Anwendungen:

- Meteorologische und geophysikalische Beobachtungen
- Raumtemperatur
- Interne Überwachung von Maschinen/Fahrzeugen
- Vorratskontrolle
- Produktqualitätskontrolle
- Schnittstellen für Behinderte
- Virtuelle Tastaturen

# Gliederung des Vortrags

1. Einführung
2. Architektur
3. Anwendungen
- 4. Sensor-Netzwerke**
5. Zusammenfassung

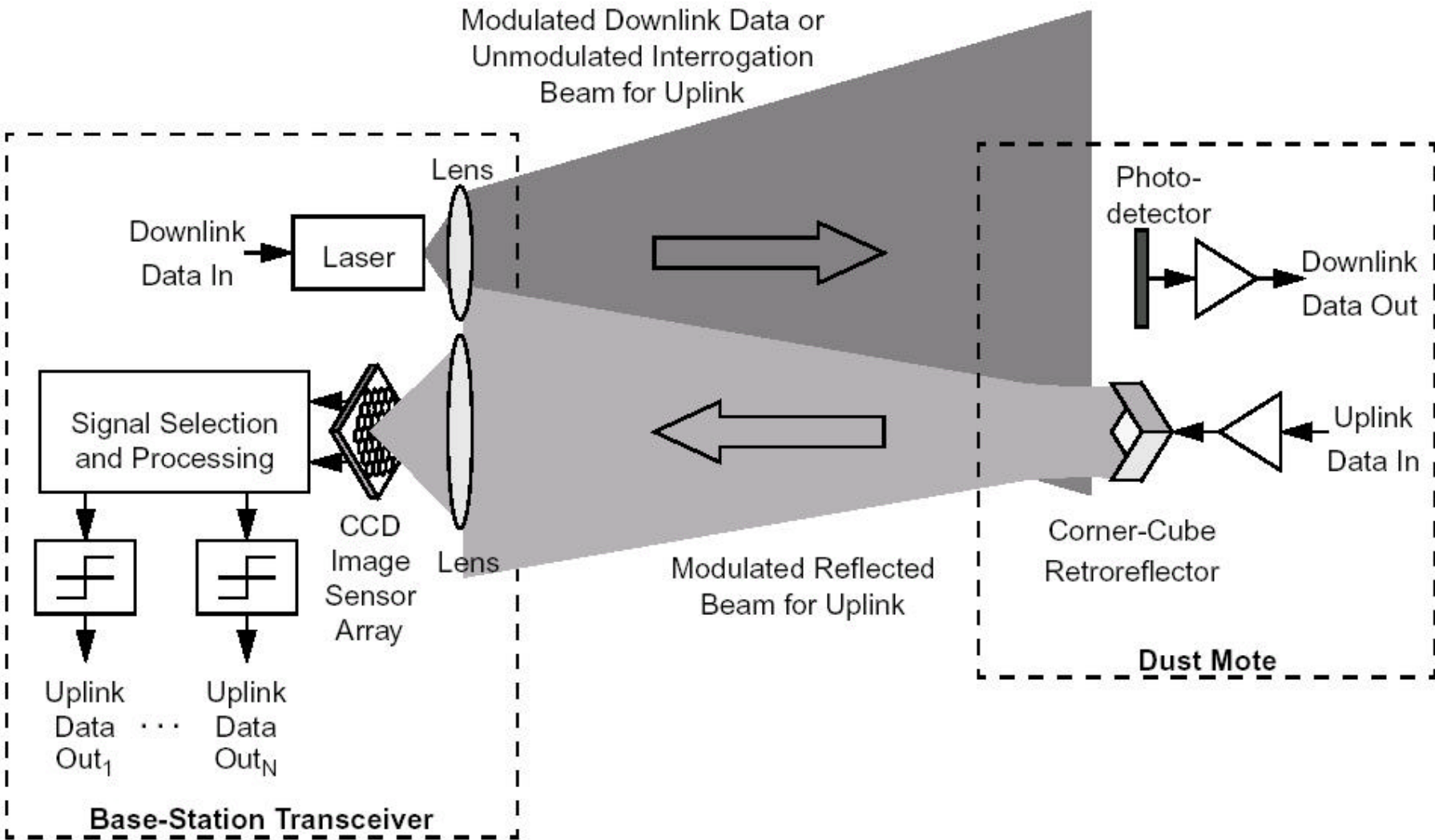
# Herausforderungen an Mobile Netzwerk-Protokolle

**Hauptziel: Read-out** vom Dust-Mote zur Basisstation

## **Besonderheiten von Netzwerk Protokollen für Smart Dust:**

- i) Optische Verbindungen benötigen **ununterbrochenen Sichtkontakt**.
- ii) Die passiven und aktiven Sender haben **direktionale Charakteristika**, die im Systemdesign berücksichtigt werden müssen.
- iii) **Trade-off** zwischen Bit-Rate, Energie-per-Bit, Distanz und Richtungen.

# Design eines optischen Netzwerks





# Base-Station Transceiver

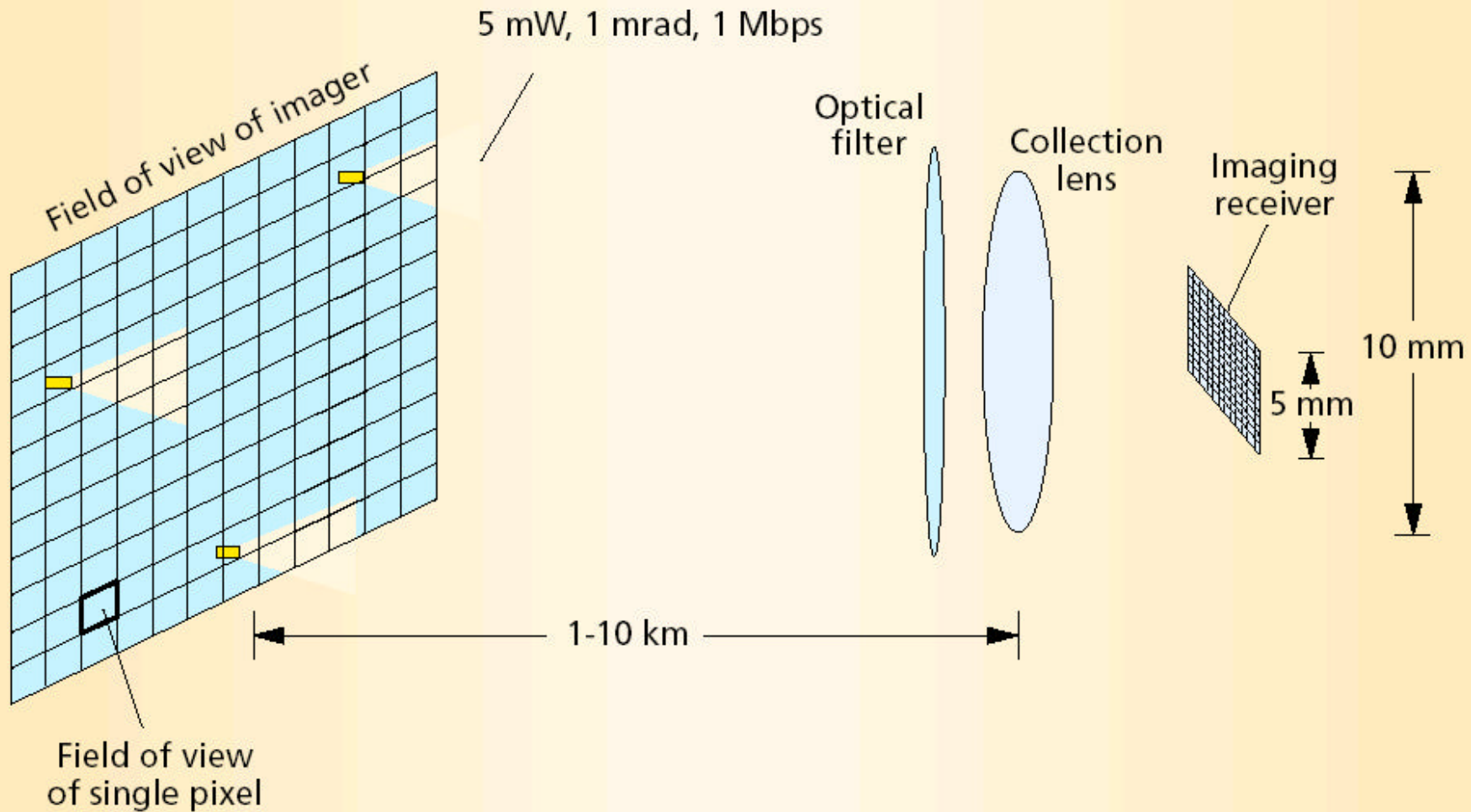
- **Anforderungen:**

- Direkte optische Kommunikation
- Große Anzahl von optischen Übertragungen von verschiedenen Sensoren muss gleichzeitig empfangen werden
- Übertragung auch im Freien bei Sonnenlicht

- **Lösung:**

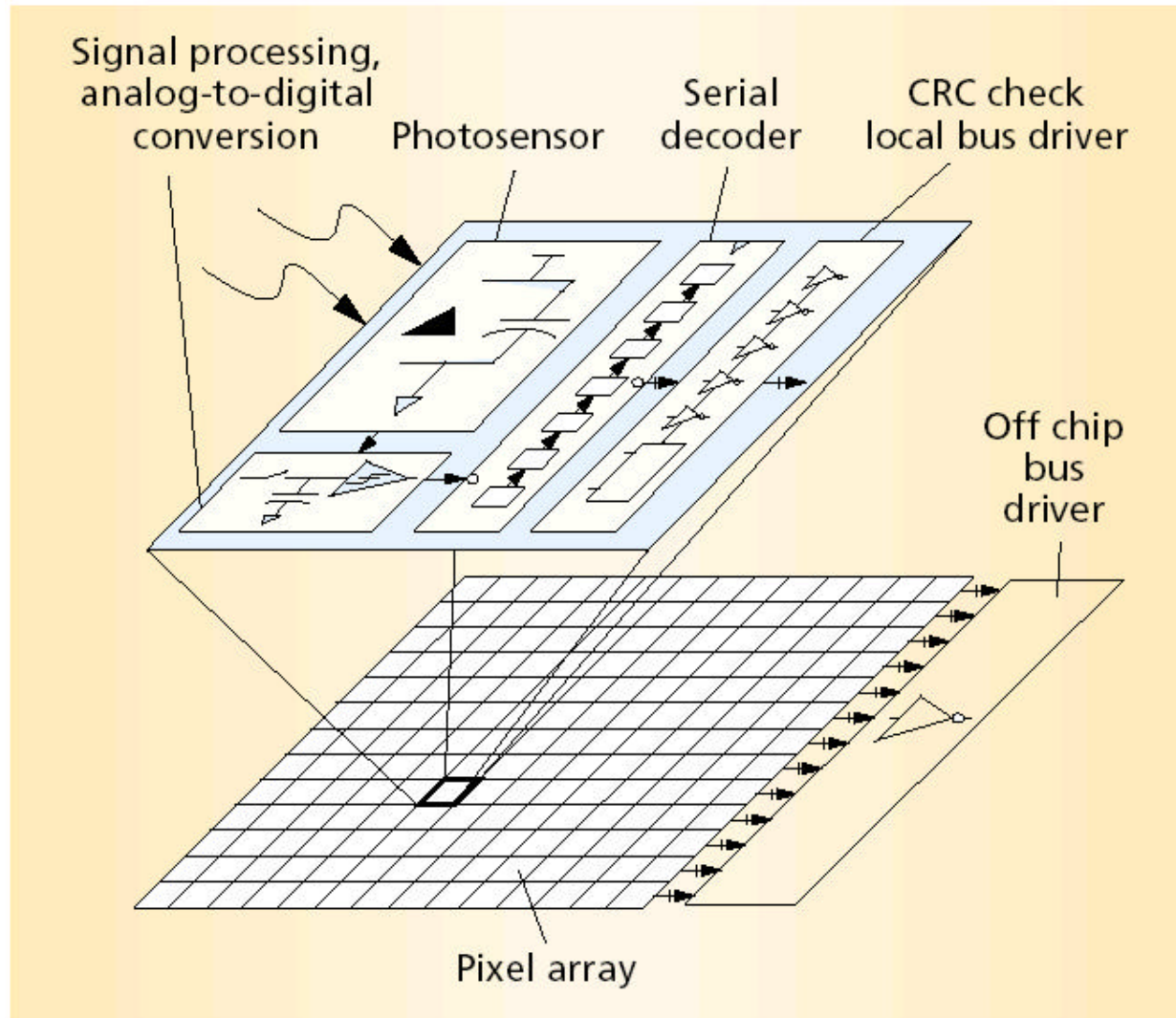
- Image Receiver
- Space Division Multiplexing (SDMA)
- Optische Filter

# Image Receiver





# „Smart Pixel“ - integrierter Image Receiver



# Gliederung des Vortrags

1. Einführung
2. Architektur
3. Anwendungen
4. Sensor-Netzwerke
- 5. Zusammenfassung**

# Zusammenfassung

- + Smart Dust = autonom arbeitendes Sensorsystem
  - + eigener Mikroprozessor, aktive & passive Kommunikation, eigene Energieversorgung
  - + optische Kommunikation
  - + 1 Kubikmillimeter-Ziel
- + Optische Übertragung sehr energie- und raum-effizient
- + Technik mit Zukunftspotenzial
- Kommunikation nur unter Laborbedingungen möglich?
- Umweltverschmutzung?

Frohe Weihnachten  
und einen  
Guten Rutsch  
in das Jahr 2002!

