

# Smart Antenna Terminal SANTANA

Vorstellung des Projekts

A.F. Jacob

Institut für Hochfrequenztechnik  
Technische Universität Braunschweig



# Einleitung

- Ziel des Projektes SANTANA
  - Herstellung eines Submoduls einer aktiven Terminal-Antenne mit *digitaler Strahlformung* für breitbandigen Satellitenfunk im Ka-Band (20/30 GHz)
- Projektträger
  - BMBF / DLR Raumfahrtmanagement
- Projektpartner



Ottobrunn



Weßling



Kamp-Lintfort



Braunschweig



München

# Überblick

- Satellitensystem
- SANTANA Terminal
  - Übersicht: Konzept und Aufbau
  - Antennen, Antennenarray
  - HF-Elektronik
  - Signalverarbeitung
  - Aufbautechnik
- Zusammenfassung / Ausblick

# Satellitensystem

- **Zukünftige Breitband-Satellitensysteme**
  - überwiegend im Ka-Band  
20 GHz downlink, 30 GHz uplink
  - zunächst geostationäre Systeme (GEO)  
Aussichten von LEO- und MEO-Systemen unsicher
- **Bandbreiten / Datenraten**
  - ~ 500 MHz
  - Datenraten bis zu 64 Mbit pro Kanal
- **Nutzergruppen**
  - ortsfeste und mobile Nutzung  
(zunächst für professionelle Kunden:  
z.B. Flugzeugbauer, Fluggesellschaften)

# Satellitensystem

- Euroskyway

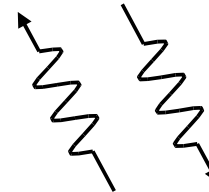
- GEO-System
- auch für mobile Anwender
- Europa und Mittelmeerraum
- Start 2004 (1. Satellit)



EIRP = 54,2 dBW (EOC)

G/T = 13 dB/K

Uplink:  
 $f = 29,75 \text{ GHz}$   
 $B = 0,5 \text{ GHz}$



Downlink:  
 $f = 19,95 \text{ GHz}$   
 $B = 0,5 \text{ GHz}$

Terminal:  
min. EIRP = 40 dBW  
min. G/T = 6,4 dB/K



# Digital Beamforming

- Vorteile

- keine Mechanik → sehr schnelles Schwenken des Strahls
- Strahlformung → adaptive Störerausblendung (*nulling*)
- Erzeugung mehrerer unabhängiger Strahlkeulen gleichzeitig
- Weitgehende Kontrolle durch Software → sehr flexibel

- Nachteile

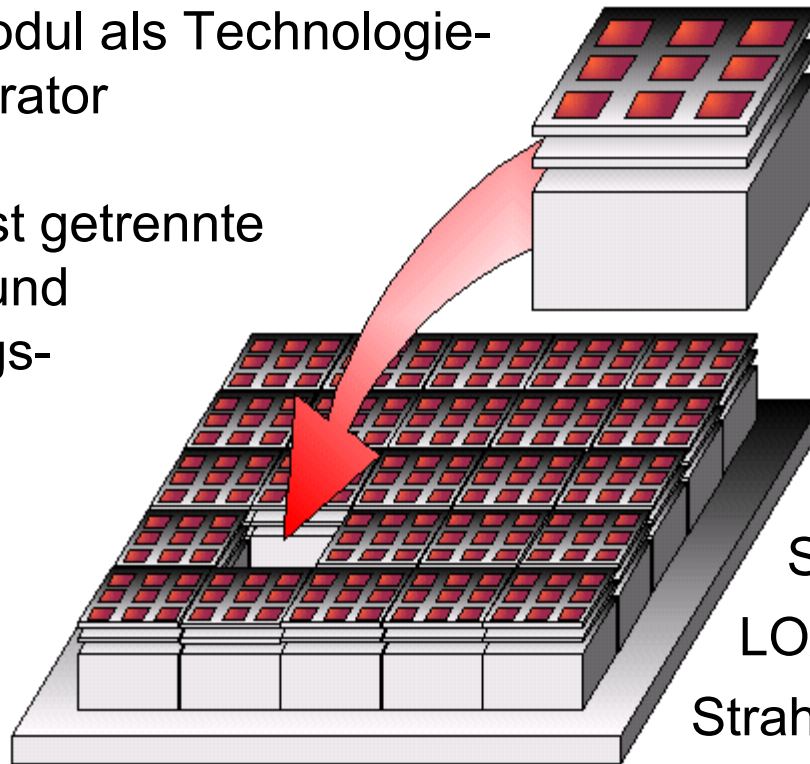
- Sehr hohe Komplexität des Systems
- Hohe Integrationsdichte der Elektronik (Ka-Band)
- Hohe Kosten

# Modulkonzept

## Aufspaltung in Module

Einzelmodul als Technologiedemonstrator

(zunächst getrennte Sende- und Empfangsteile)



### Modul

Antennenelemente  
HF + ZF (analog)

ZF + DSP (digital)

### Basisplatte

Kühlung

Stromversorgung

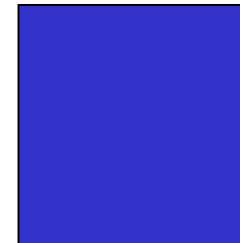
LO/Taktverteilung

Strahlformung/-steuerung

# Antennenelemente

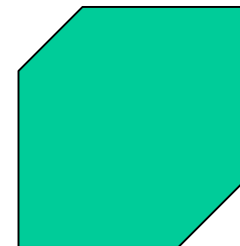
- Quadratische Patch-Antennen für Empfänger

- einfaches Design
- Symmetrie für zirkulare Polarisation
- relativ hohe Bandbreite



- „*Truncated-corners*“ Patch-Antennen für Sender

- Bessere Unterdrückung der kreuzpolaren Komponenten
- Bandbreite ausreichend hoch

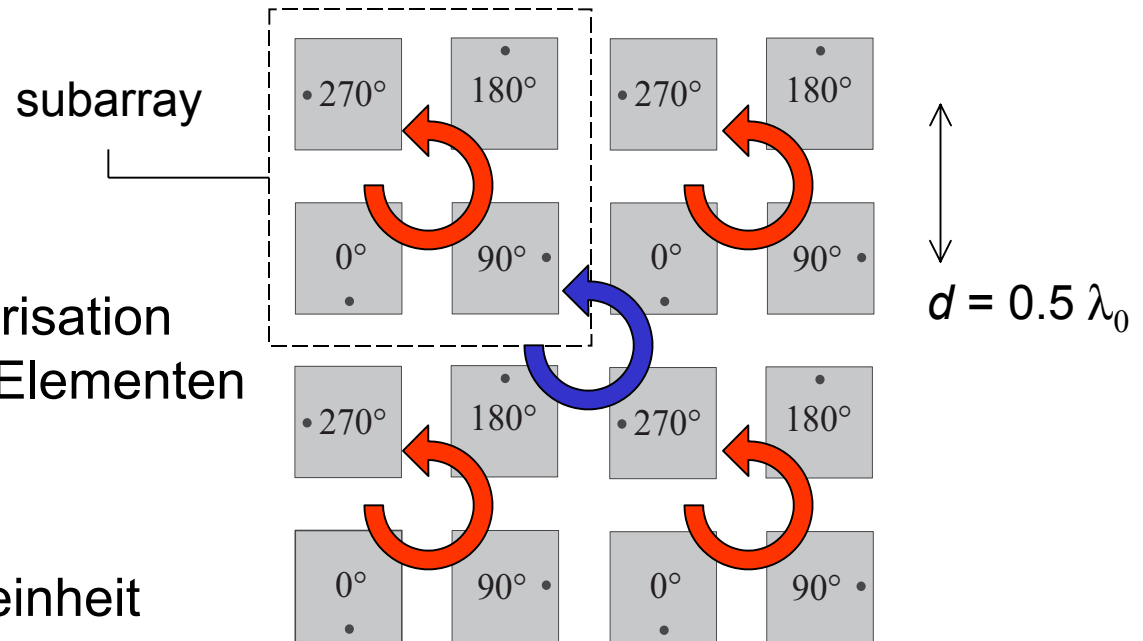




# Antennenarray

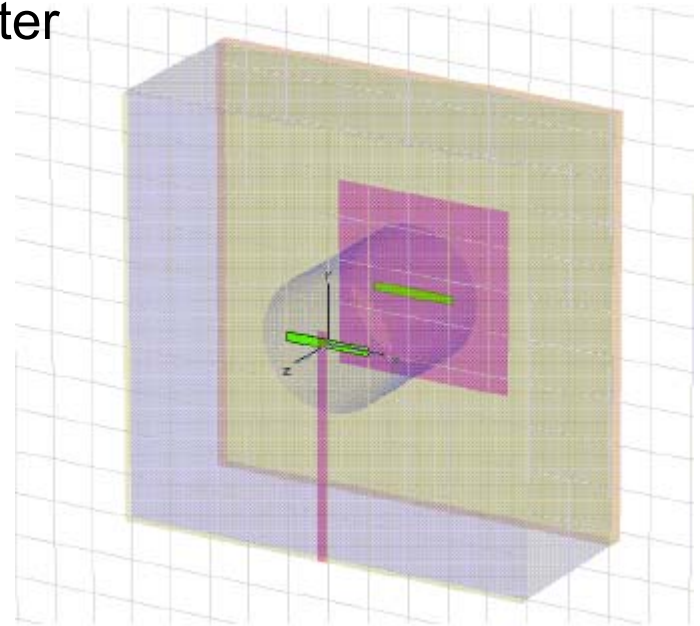
- Zyklische Rotation der Elemente

- Erzeugung zirkularer Polarisation mit linear pol. Elementen
- Verbesserung Polarisationsreinheit bei zirkular pol. Elementen



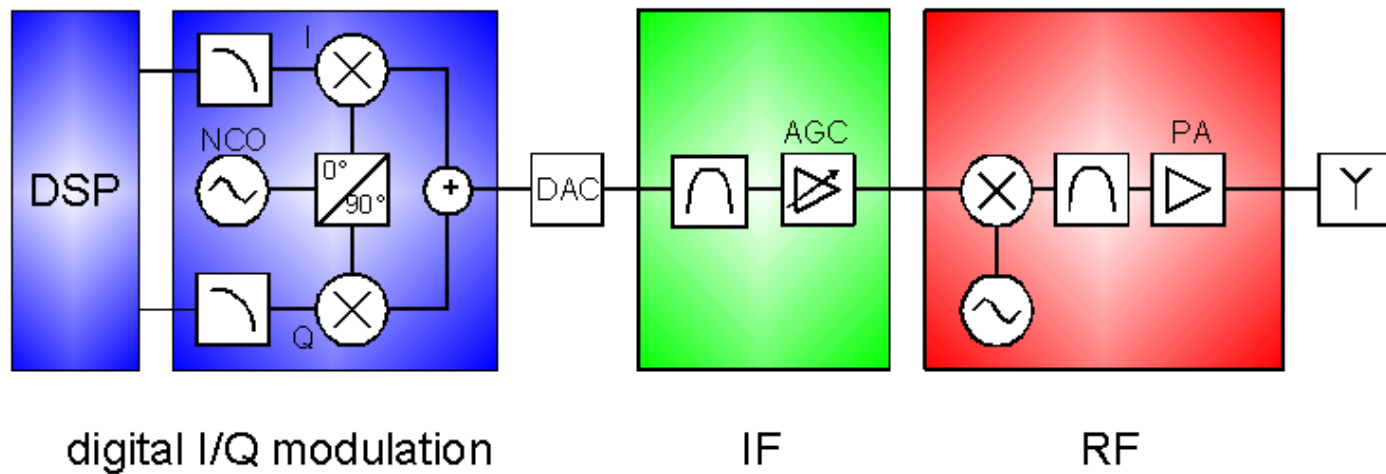
# Antennenspeisung

- Interface Antenne-Elektronik
  - Schlitz-gekoppelter Rundhohlleiter mit keramischem Füllmaterial in Metallplatte
    - mechanische Stabilität
    - Träger für die Elektronik
    - Wärmeleiter
  - direkte oder indirekte Speisung des Patches



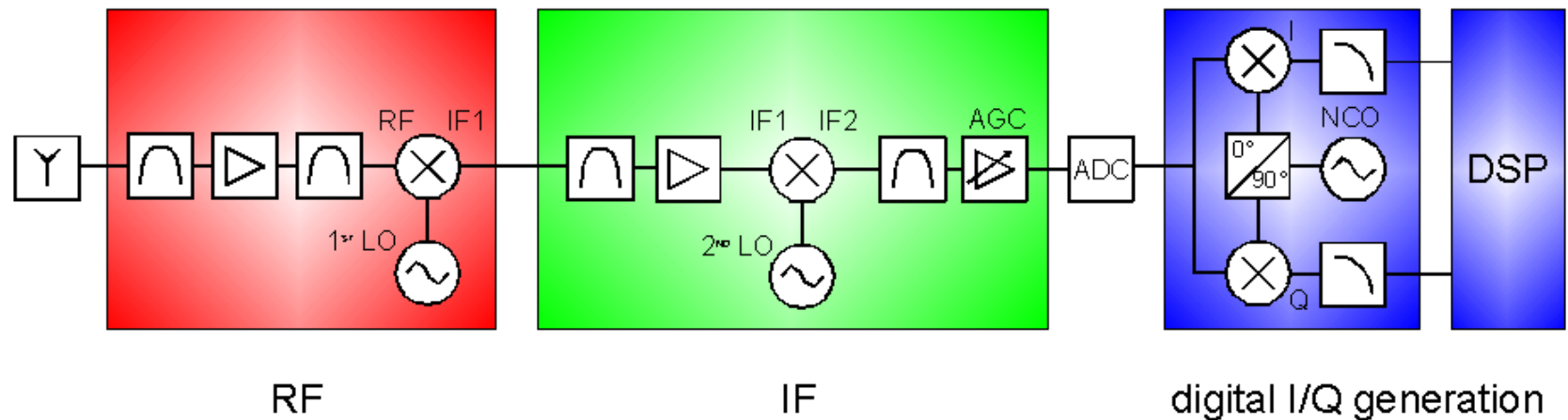
# Schaltung Sender

- Digitale Modulation & Aufwärtsmischung



# Schaltung Empfänger

- Heterodynempfänger + *Bandpass sampling*



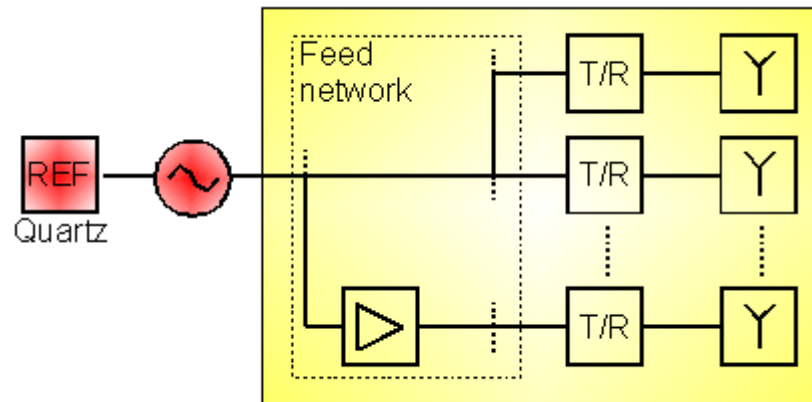
# MMIC

- Typische Daten verfügbarer Ka-Band MMIC

Funktion	Parameter	Wert	
Low Noise Amplifier (LNA)	Rauschzahl	2 dB	Min
	Verstärkung	25 dB	Max
	Versorgung	30..60 mA @ 5 V	Typ
	Chipfläche	1,5 x 2,5 mm <sup>2</sup>	Typ
Power Amplifier (PA)	Leistung	20 dBm	Typ
	Versorgung	300..500 mA @ 3..5 V	Typ
	Chipfläche	1,5 x 2,5 mm <sup>2</sup>	Min
Mischer * LO Verst. * subharm.	Konv.-Verluste	8..10 dB	Typ
	LO-Leistung	15 / 0* dB	Typ
	IP 3. Ordnung	18 / 8* dB	Typ
	Chipfläche	1,5 x 1,5 mm <sup>2</sup>	Typ

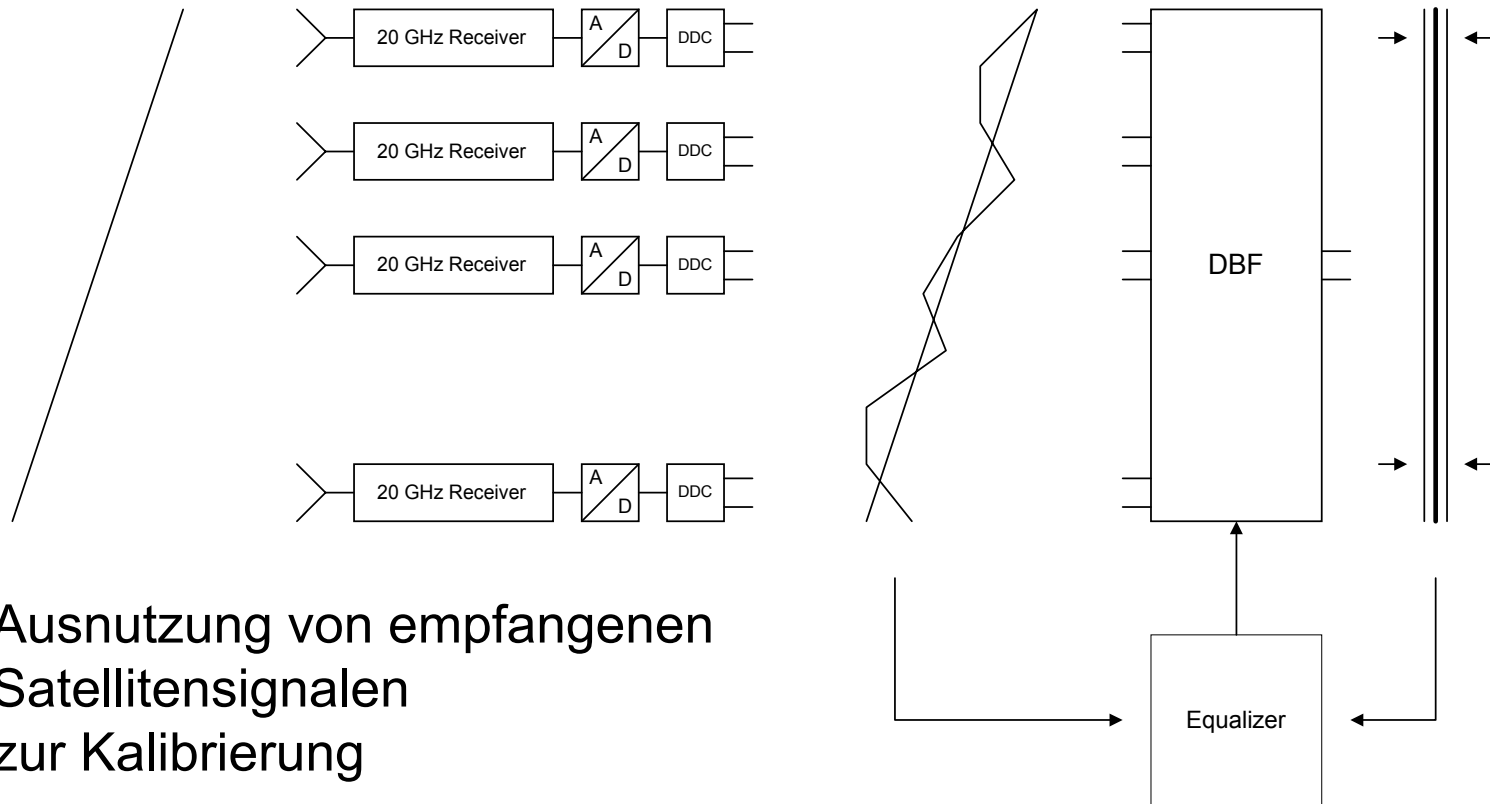
# Synchronisation

- Verteilung zentral erzeugter LO-Signale an die Module / Elemente



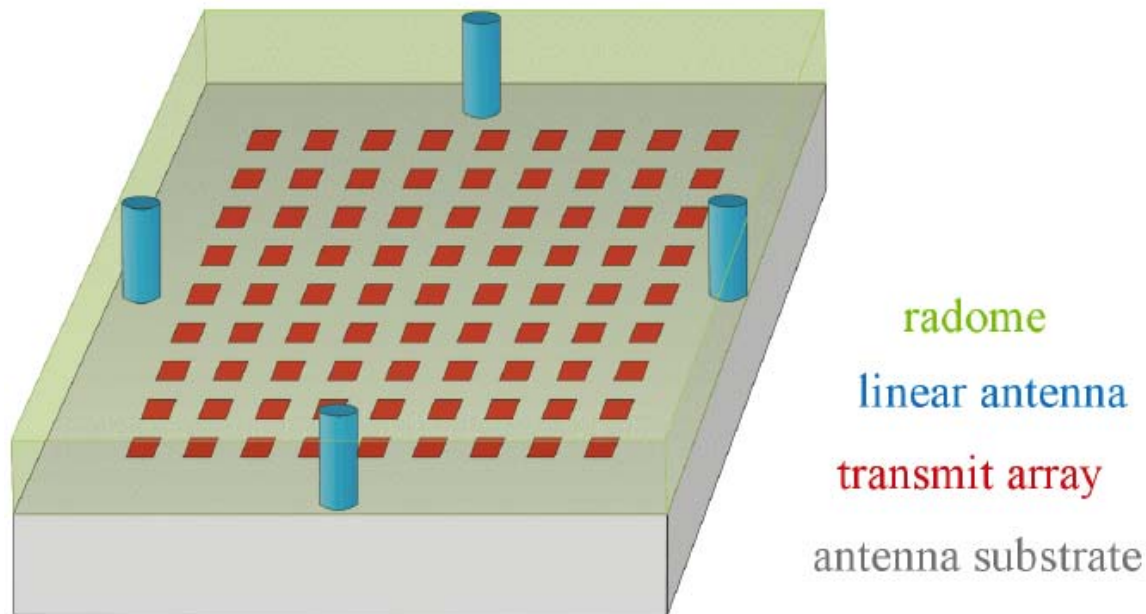
# Kalibrierung

- Passives Konzept für den Empfänger



# Kalibrierung

- Aktives Konzept für den Sender mit Kalibrierempfängern am Rande der Antenne

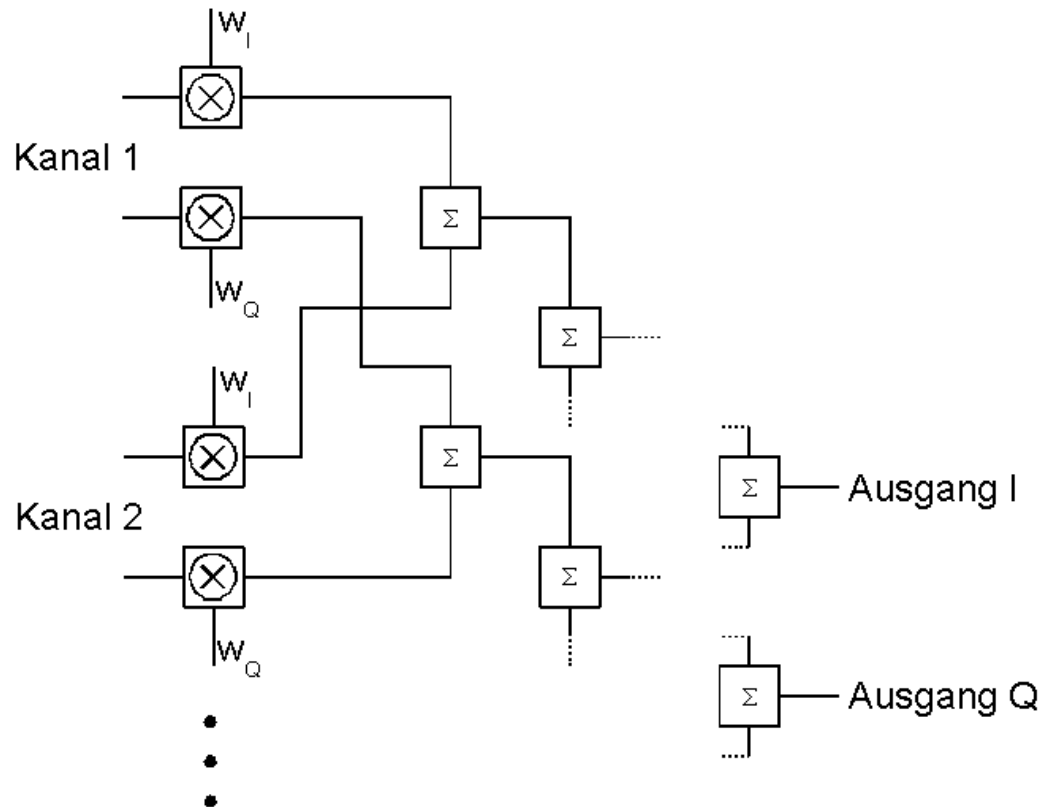




# Strahlformung

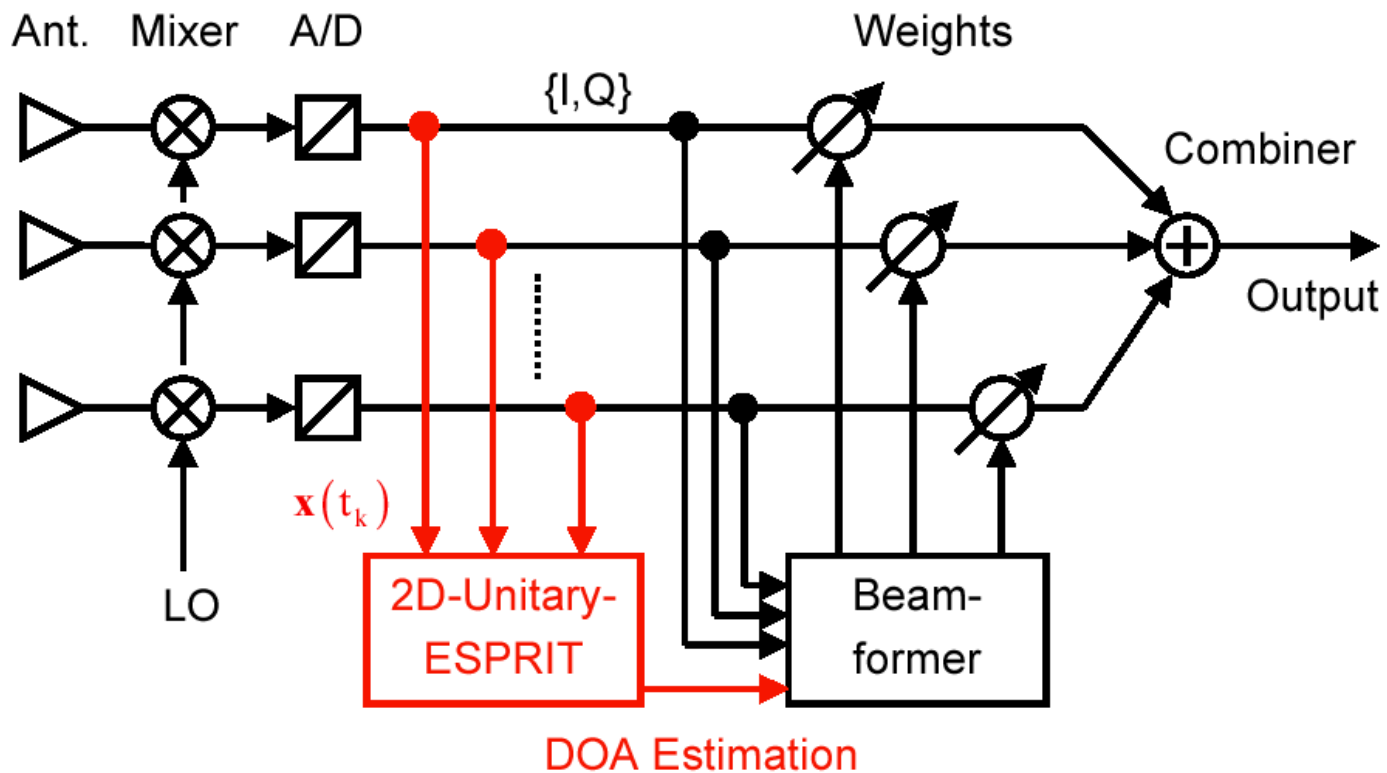
- Digitaler Strahlformer (Empfangsfall)

Wichtung und Zusammenfassung der Kanalsignale durch Baum-Architektur  
→ Datenraten konstant (ressourcenschonend)



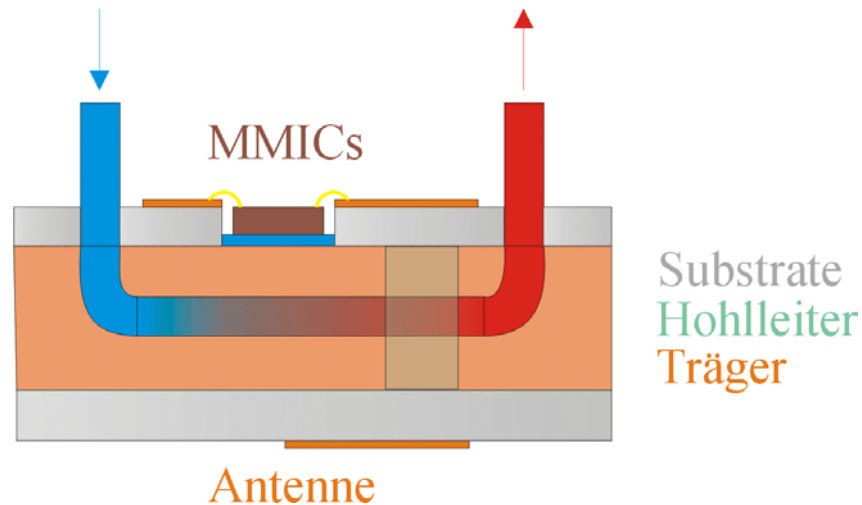
# Strahlsteuerung

- Ermittlung der Empfangsrichtung

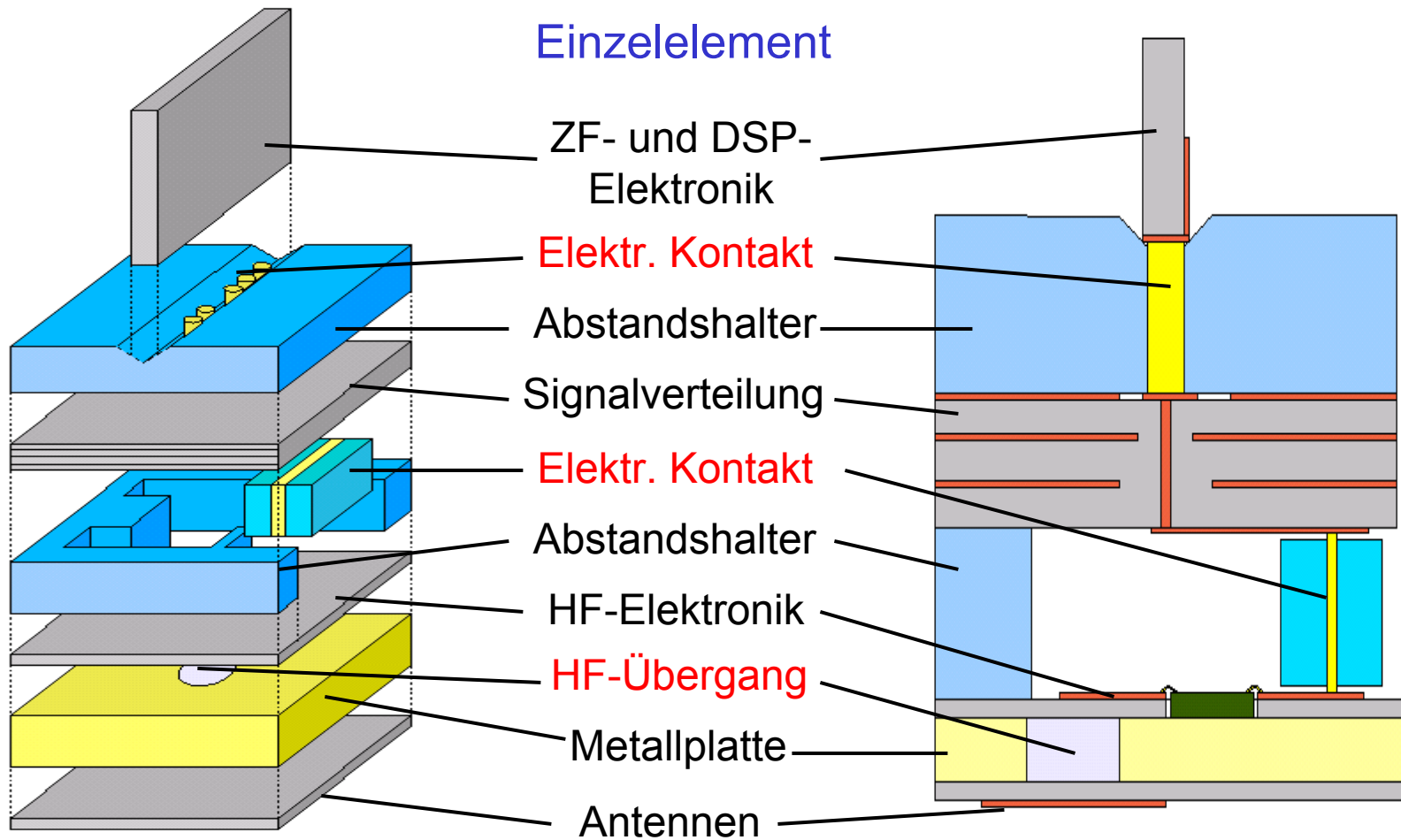


# Kühlkonzept

- Wärmefluß von  $2,6 \text{ W / cm}^2$  (Sender) bzw.  $0,4 \text{ W / cm}^2$  (Empfänger)
- Abfuhr der Wärme durch:
  - Luftzirkulation (Empfänger)
  - Wasserkreislauf durch integrierte Kühlkanäle (Sender)



# Modulaufbau



# Zusammenfassung / Ausblick

- *Digital Beamforming* im Ka-Band
  - hohe Anforderungen an
    - Antennen- und Arraydesign
    - Elektronik-Integration, Aufbautechnik
    - Signalverarbeitung (insbesondere Hardware)
- **Laufende Projektphase: Design und Prototypenbau**
  - Entwurf und Test einzelner Funktionsblöcke
  - Prototyp eines Kanals
- **Nächste Projektphase: Herstellung eines Moduls**
  - 16-kanaliger Technologiedemonstrator (4x4 Elemente)