

**Ortung auch  
ohne Sicht-  
verbindung**

**Hohe  
Genauigkeit  
( $\approx 1^\circ$ )**

**Reichweite ca.  
400m (Freifeld)**

**Hohe Messrate  
(500 Winkel/s)**

**Eindeutige  
Klassifikation**

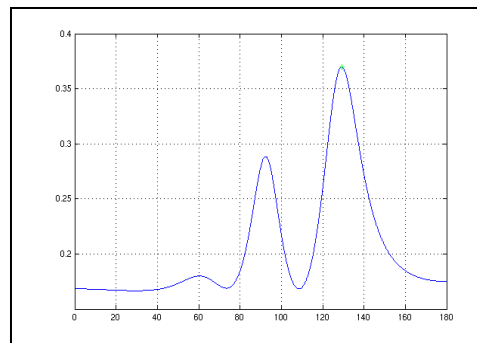
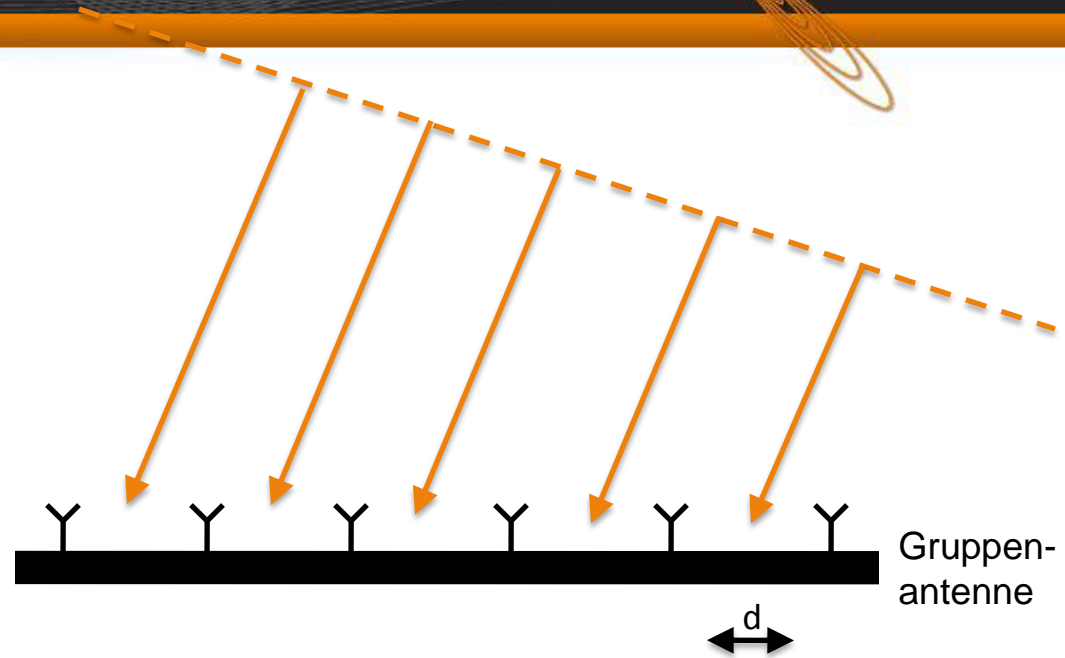
# Funktionsprinzip Winkelmessung

Abstand  $d$  zwischen den  
Antennenelementen:  $\lambda/2$

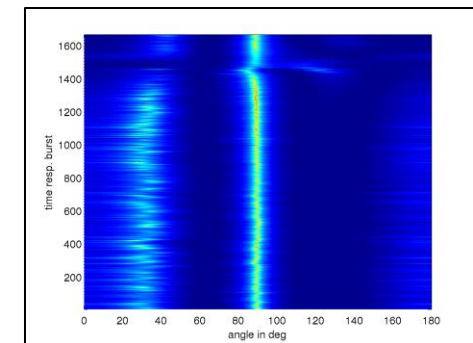
Ausbreitung des Funksignals  
als ebene Welle im Fernfeld

Laufzeitunterschiede als  
Phasenverschiebung zwischen  
den Antennenelementen  
messbar

Berechnung des Winkels mit  
MUSIC Algorithmus



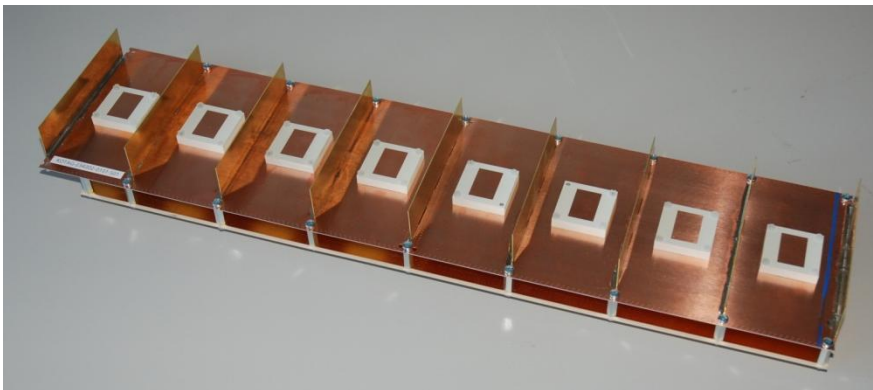
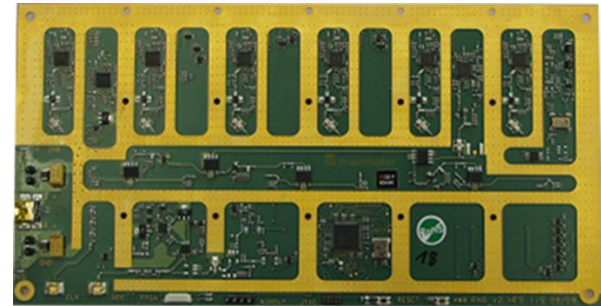
Music Spektrum



Music Spektrogramm

## Aktuell: Demonstrator Ko-TAG 1.0

- Frequenzbereich: 2,4 GHz
- 1-D Winkelschätzung
- 100 Winkel/s
- Genauigkeit  $\sim 1^\circ$

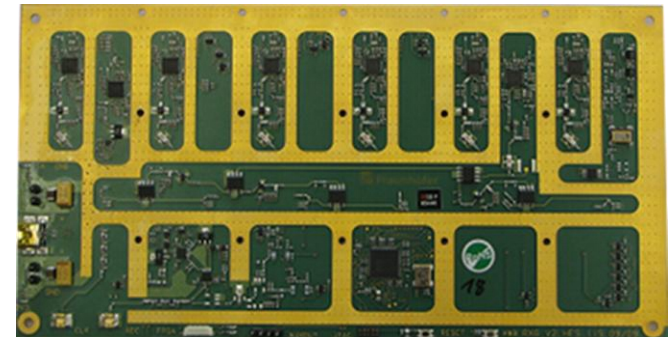
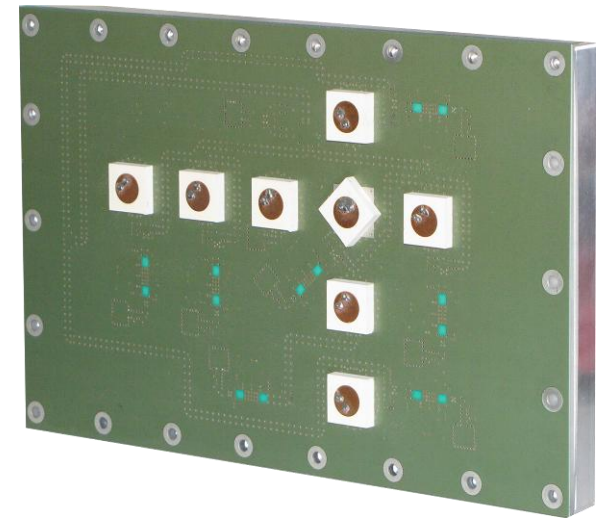


## In Entwicklung: Ko-TAG Winkelschätzer 2.0

- 5,85 GHz, 6 Kanäle
- Zweidimensionale Winkelmessung
- > 500 Winkelpaare/s
- Genauigkeit  $\sim 1^\circ$

## Analogteil

- Antennenarray: 4x3 Elemente
- Doppel-superheterodyn-Aufbau
- Frequenzbereich:  
5,77 GHz bis 5,97 GHz
- Bandbreite: 2,5 MHz / 4,5 MHz



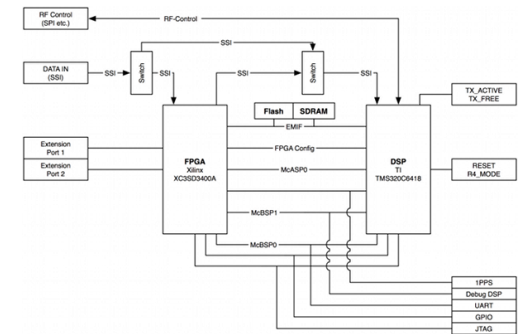


## In Entwicklung: Ko-TAG Winkelschätzer 2.0

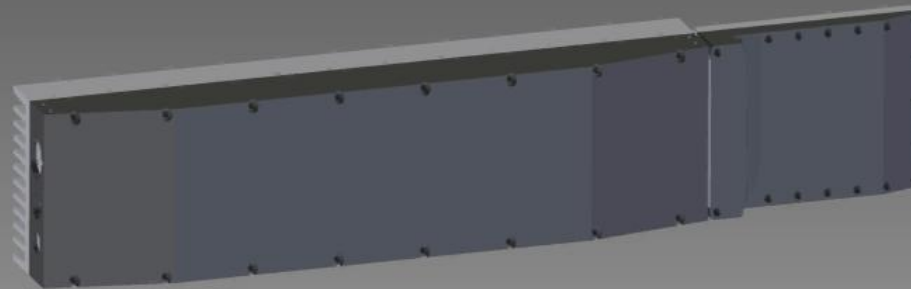
- 5,85 GHz, 6 Kanäle
- Zweidimensionale Winkelmessung
- > 500 Winkelpaare/s
- Genauigkeit  $\sim 1^\circ$

## Digitalteil

- FPGA zur digitalen Vorverarbeitung und Steuerung
- DSP für performante Winkelschätzung



# Verbau der Hardware in einem Gehäuse



## Das Inertialsensorik-Modul kann...

- die Geschwindigkeit von Verkehrsteilnehmern übermitteln,
- die Bewegungsrichtung von Verkehrsteilnehmern übermitteln,
- Bewegungsarten der Verkehrsteilnehmer unterscheiden,
- Sonderfälle erkennen (z.B. ein Verkehrsteilnehmer sitzt im Auto oder ein Safe-TAG wird missbräuchlicher Weise geworfen) und
- einen Energiespar-Modus aktivieren.



# Funktionsprinzip Inertialsensorik



FORSCHUNGSINITIATIVE  
K O - F A S

Fußgänger geht die Straße entlang

Bewegungszustand wird anhand von  
Inertialsensorik-Daten bestimmt

Fahrzeugeinheit fragt SafeTAG an

Bewegungszustand wird übertragen

Fußgänger bleibt stehen

Neuer Bewegungszustand wird  
bestimmt



# Eigenschaften der Bewegungs- klassifizierung mit Inertialsensorik



**Resistent gegen  
Störungen**

**Arbeitet  
autonom**

**Bietet Zusatz-  
informationen**

**Hat eine  
Historie**

# Funktionsprinzip Bewegungsklassifikation

- Beschleunigungs-, Drehraten- und Magnetfeldsensoren liefern Messdaten
- Messdaten werden auf charakteristische Merkmale untersucht
- Anhand mehrerer gleichzeitig auftretender Merkmale wird der gegenwärtige Bewegungszustand identifiziert
- Unterscheidung plausibler und unplausibler Übergänge zwischen den Zuständen, z.B. plötzlicher Übergang von Radfahren zu Autofahren ist unrealistisch
- Gewichtung plausibler Übergänge durch Wahrscheinlichkeiten
- Zuverlässigere Detektion des Bewegungszustands durch Verknüpfung korrelierender Merkmale

