
Passiv Radar Kollisionswarnung an Windenergieanlagen

- Einschalten der Befeuerung nur bei Annäherung eines Luftfahrzeugs (LFZ)
- Keine Warnauslösung bei Vogelschwärmen
- Integration in Windpark-Infrastruktur

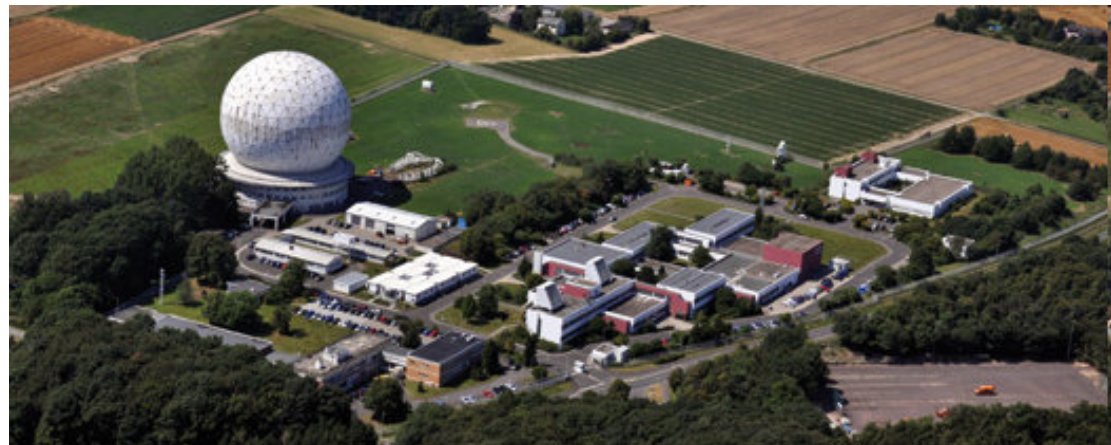
Das Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR befasst sich seit über fünfzig Jahren mit der Weiter- und Neuentwicklung von Radarverfahren und schreibt damit die Geschichte des Radars seit mehr als der Hälfte der Zeitspanne seit seiner Patentierung im Jahre 1904 durch Christian Hülsmeier mit.

Wir entwickeln

- Konzepte, Verfahren und Systeme für die elektromagnetische Sensorik
- die damit verbundene Signalverarbeitung
- neue Technologien vom Mikrowellen- bis in den Terahertzbereich.

Geschäftsfelder

- Radar zur Weltraumbeobachtung
- Boden- und Luftaufklärung
- Sicherheit und Schutz
- Hochfrequenzsysteme für Industrie und Landwirtschaft
- Verkehr und Umwelt
- Antennen und elektromagnetische Modellierung

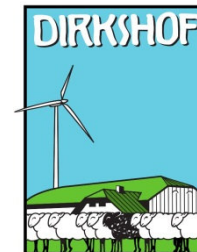


Passiv Radar basierte
Schaltung der
Objektkennzeichnung für die
Luftfahrt

Gefördert durch das Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen
Bundestages



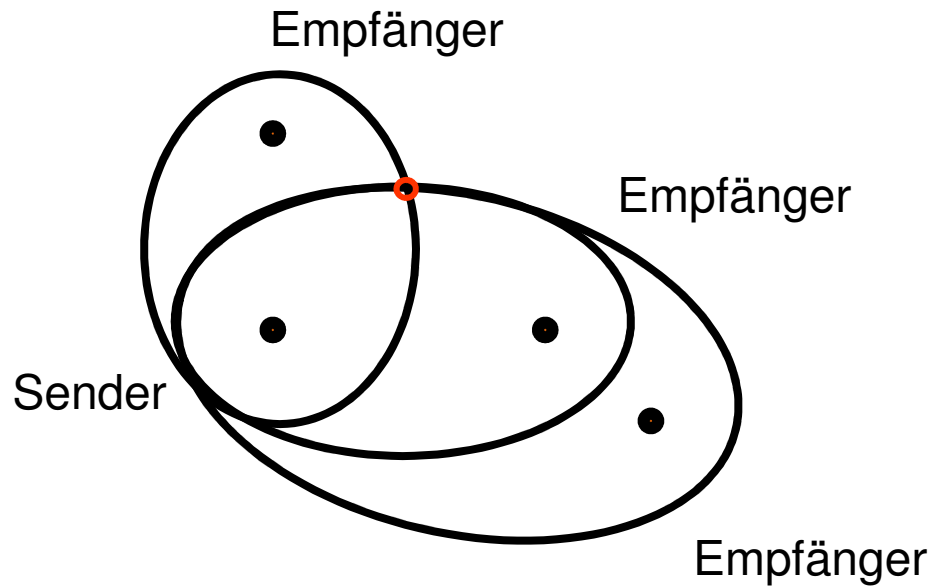
In Kooperation mit
Dirkshof
und
Industrial Electronics



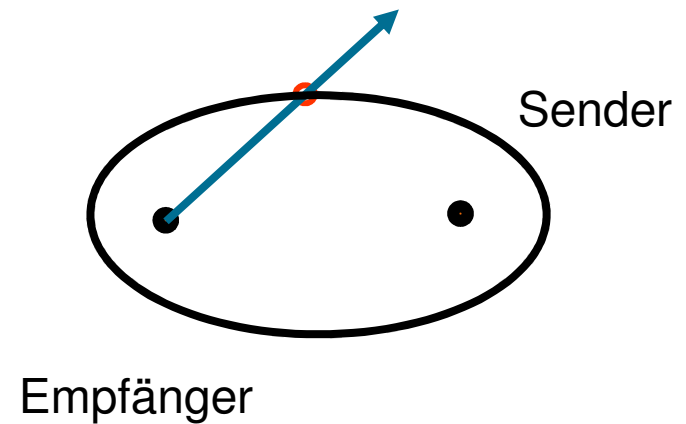
Passiv Radar Ortungsverfahren

Radar ohne eigene Emissionen

Nutzung von DVB-T und DAB+



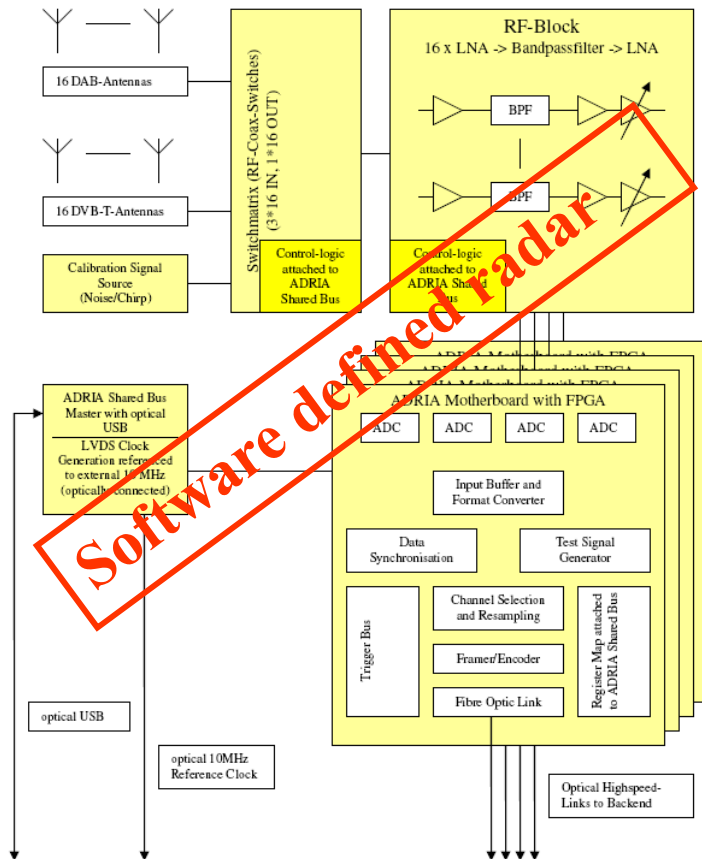
Multi-Sensor-Verfahren



Umweg-Richtungs-Ortung

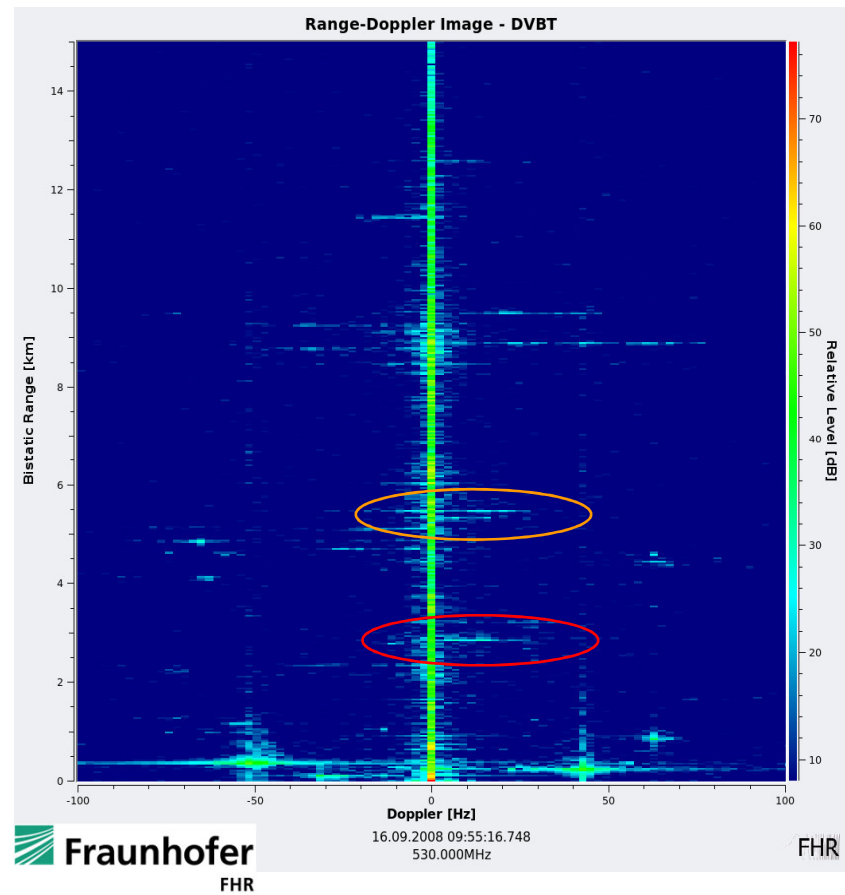
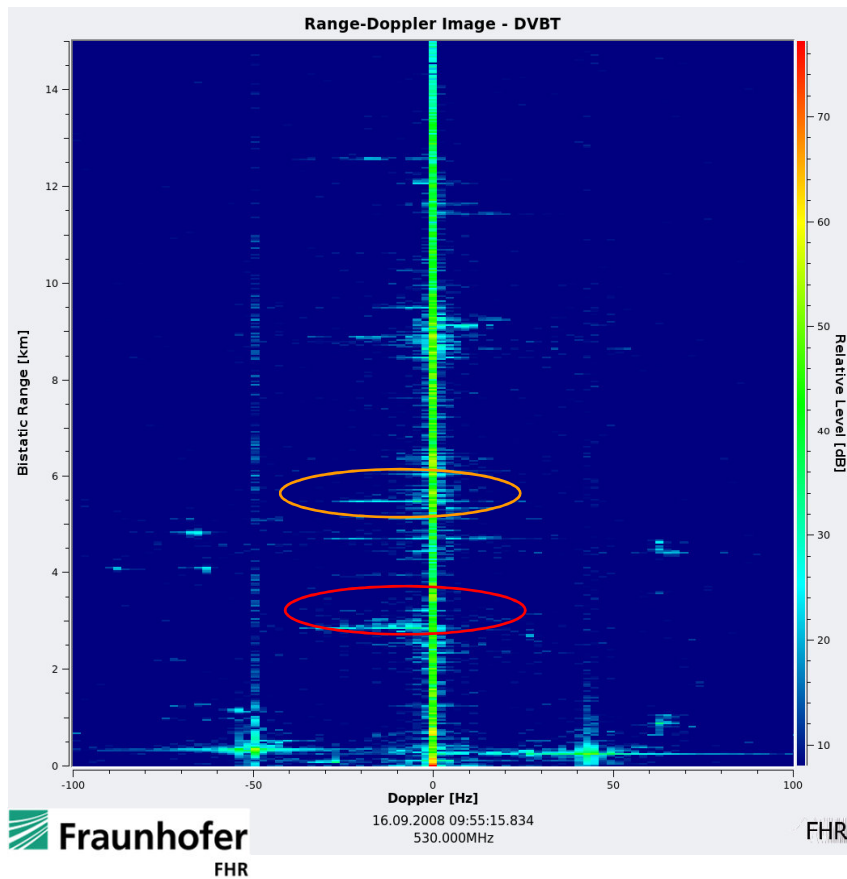
Passiv Radar Erfahrung bei Fraunhofer: WEA-Messungen mit dem Experimentalsystem CORA (software defined radar front-end)

(FHR development)

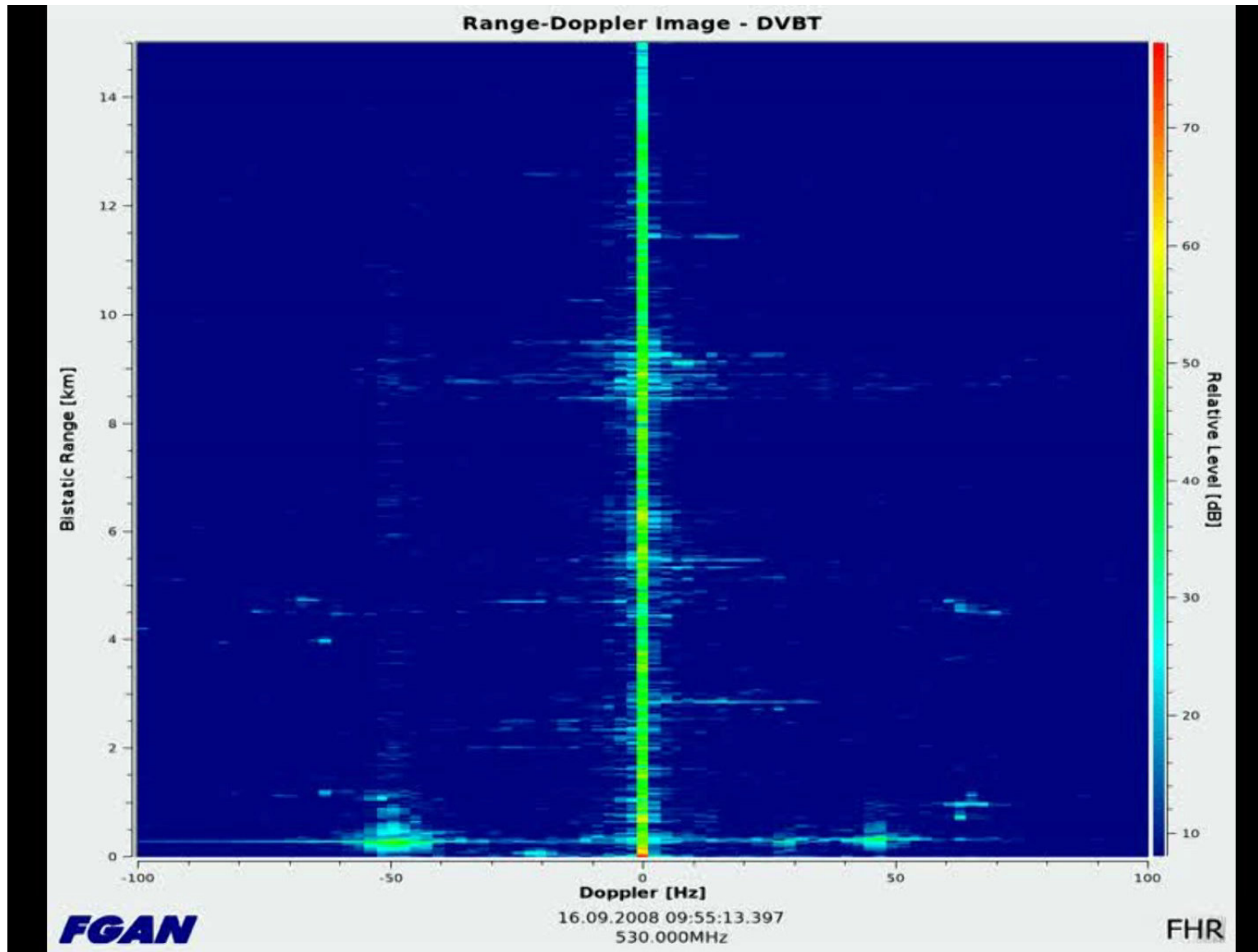


Software defined radar





WEA-Rotorechos mit alternierend positivem und negativem Doppler



Vorteile und Herausforderungen bei Passiv Radar

Vorteile

- Keine Frequenzzuteilung erforderlich
- Keine zusätzliche elektromagnetischen Emissionen
- Kostengünstiger als aktiv Radar da kein eigener Sender nötig
- DVB-T (DAB+) als Sender flächendeckend verfügbar
- Keine Witterungseinflüsse

Herausforderungen

- Objektklassifizierung (Vogelschwärme/kleine LFZ/Bodenfahrzeuge)
- Objekthöhenmessung
- Sensordislozierung

Objektklassifizierung

LFZ-Echos: punktueller Doppler, veränderliche Umwegentfernung

KFZ-Echos: punktueller Doppler, veränderliche Umwegentfernung,
aber: geringere Geschwindigkeit als LFZ und Bewegung auf immer
gleichen Spuren sowie erdgebunden

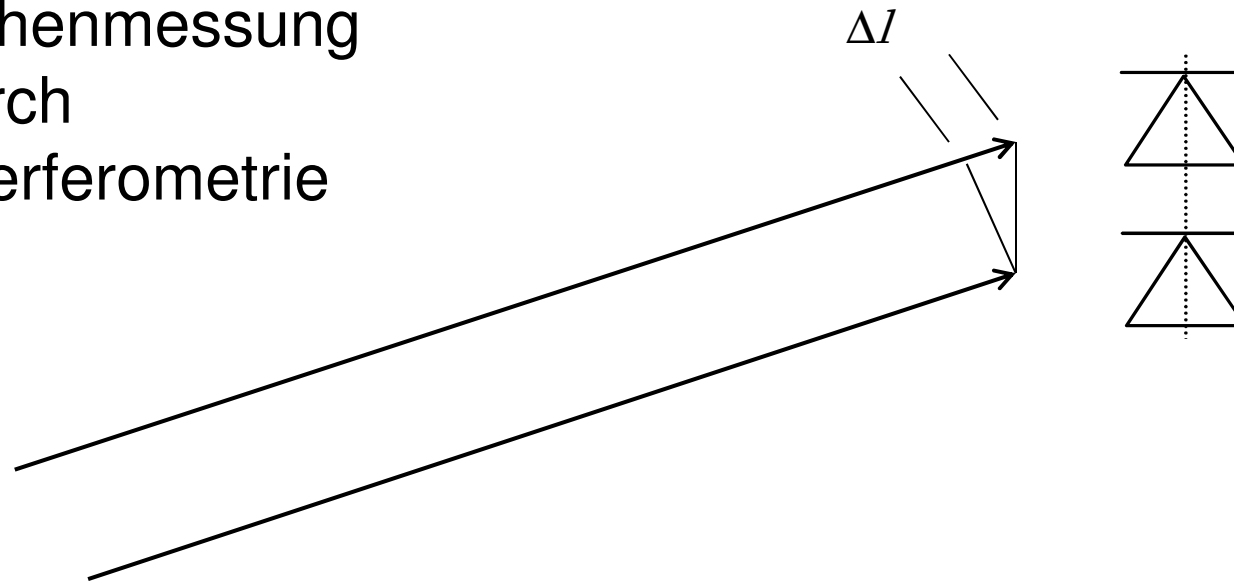
Rotorechos: gespreizter Doppler, konstante Entfernung

Vogelschwärme: Geringes Echo, „Doppler/Entfernungs-Wolke“

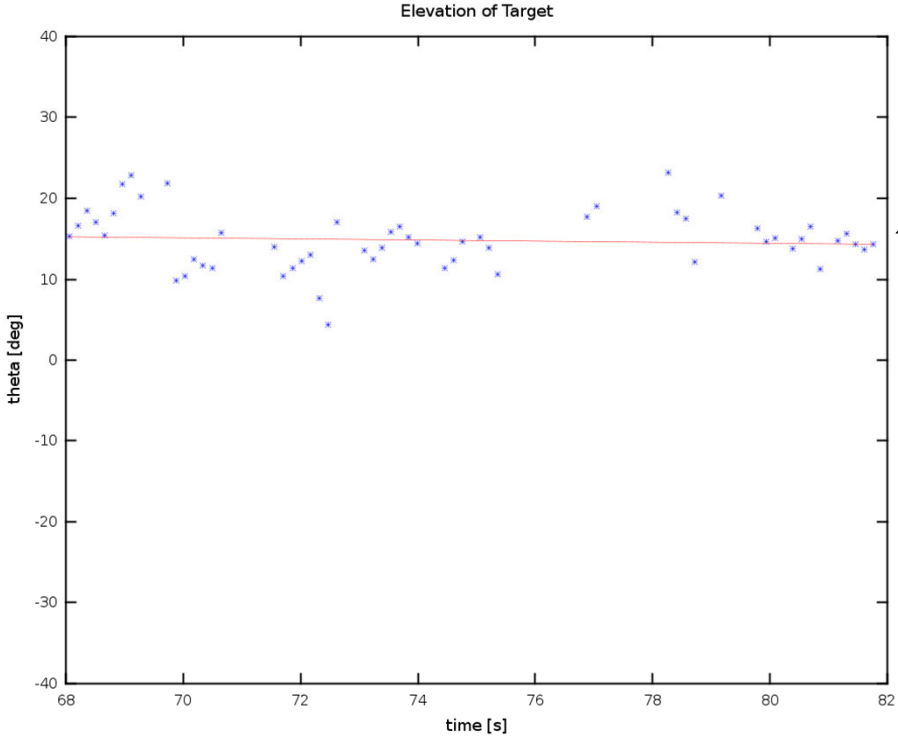
Regen, Wolken: vernachlässigbares Echo

Unterscheidung von Bodenfahrzeugen von Luftfahrzeugen in niedriger Höhe zur Vermeidung von Falschalarmen

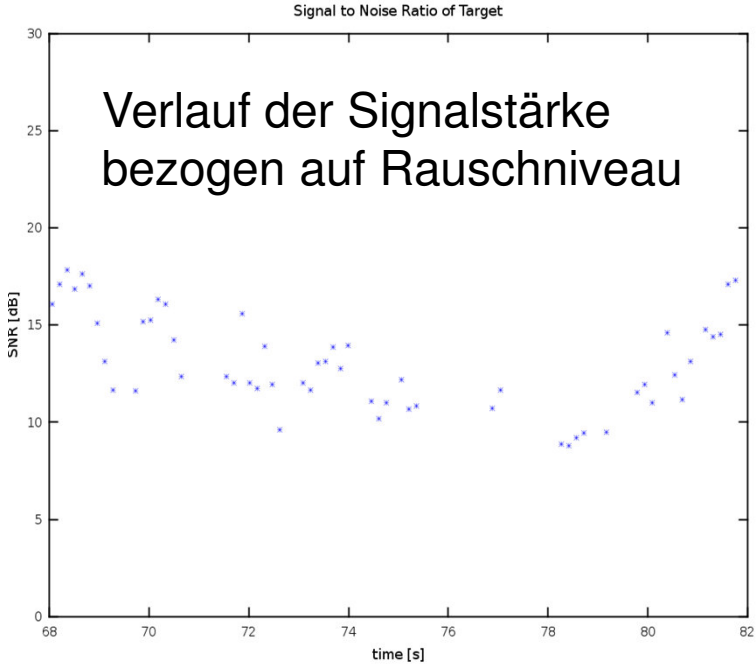
Höhenmessung
durch
Interferometrie



Zielhöhenmessung



ca. 17°



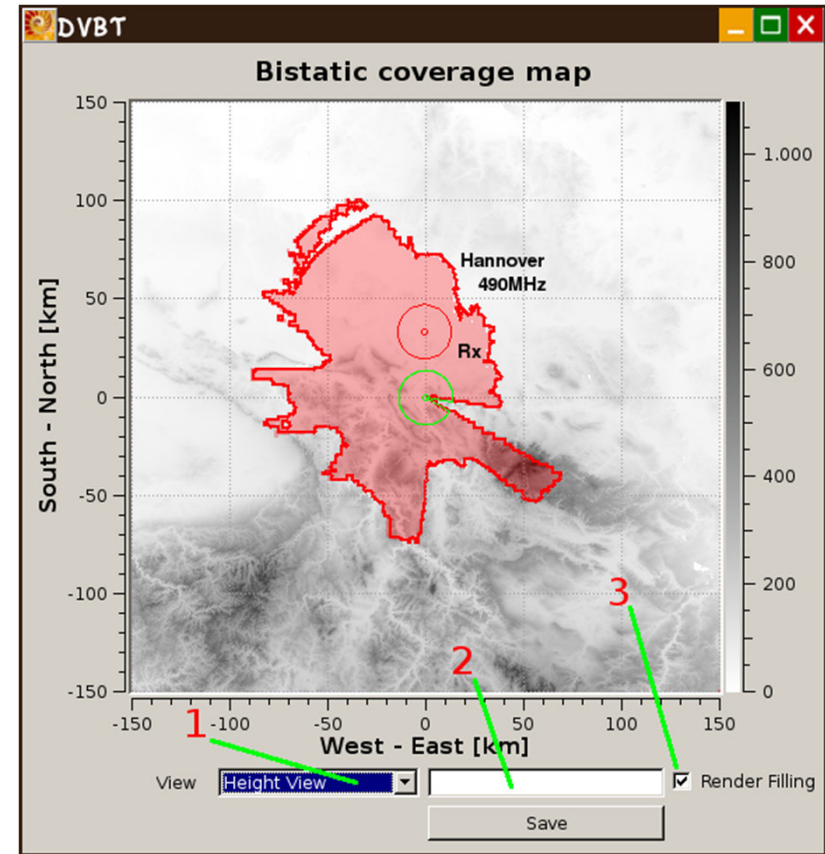
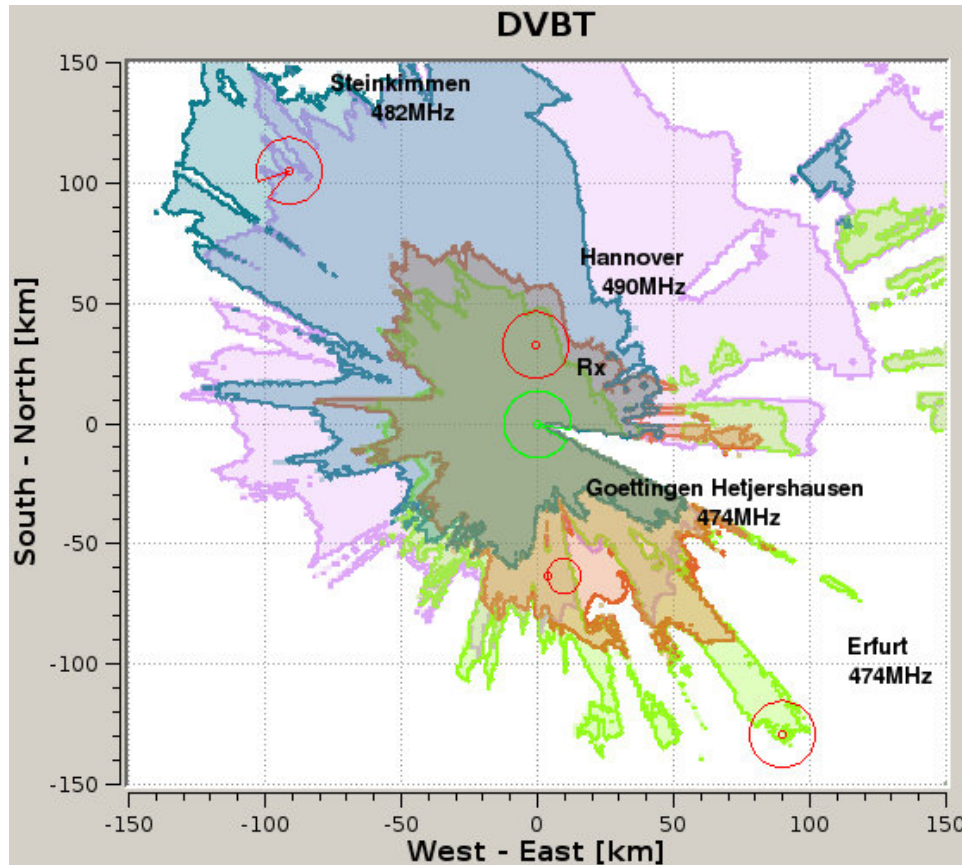
Beispiel für den Verlauf des Elevationswinkels eines UL-Flugzeugs gemessen im Vorbeiflug.

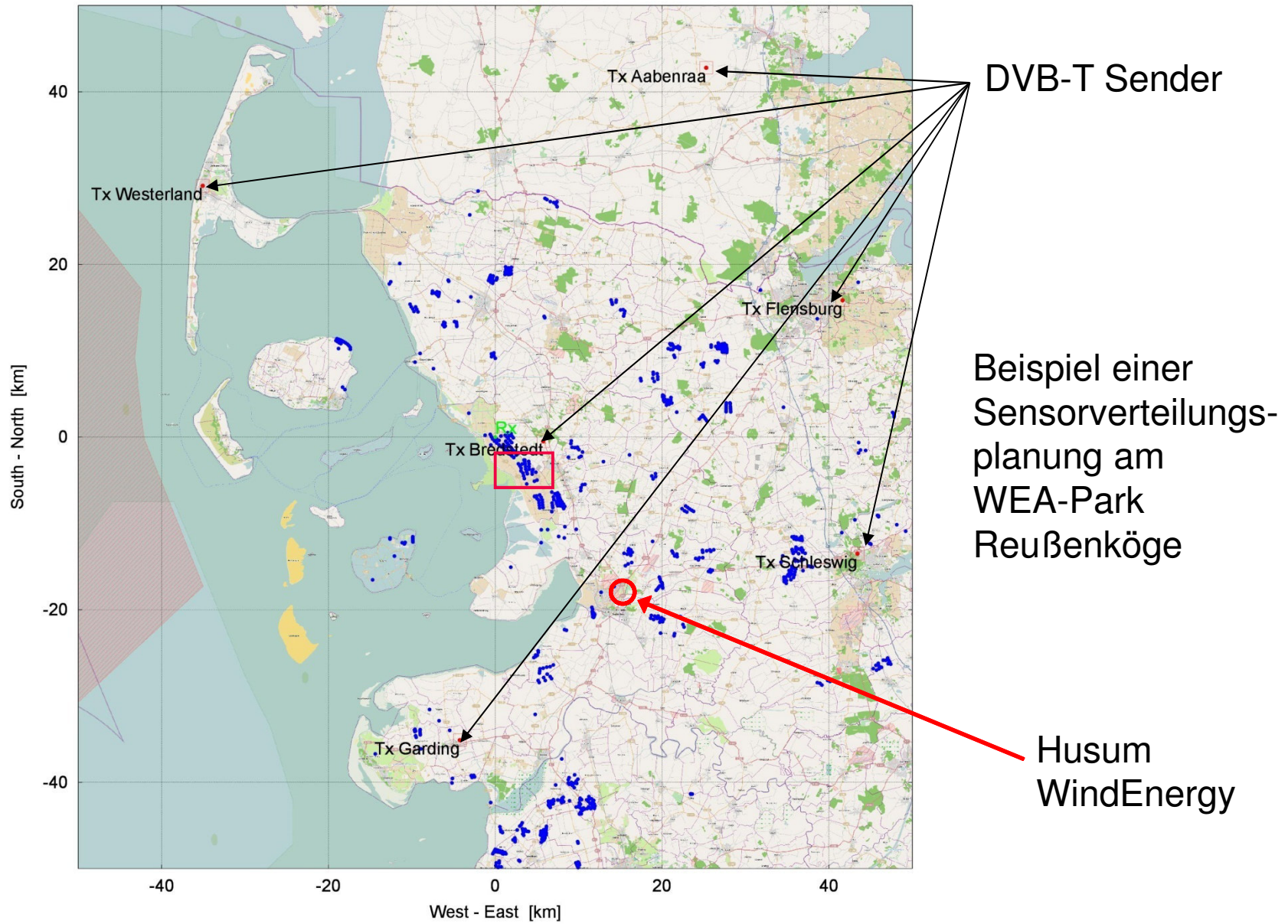
„Missionsplanung“

- Berücksichtigung der Sendercharakteristik
 - Antennenrichtwirkung (Azimut, Elevation)
 - Sendeleistung
- Optimale Kombination der verfügbaren Frequenzbänder
- Auswahl der Sensorpositionen im Windpark zur
 - Mehrfachabdeckung
 - Vermeidung von Mehrdeutigkeiten der Höhenmessung
 - Reduzierung der WEA-Störechos
 - Optimale Nutzung der WEA-Infrastruktur
- Einplanung von Erweiterungsoptionen

➔ Sensornetzwerkmodell

Planung der Sensordislozierung

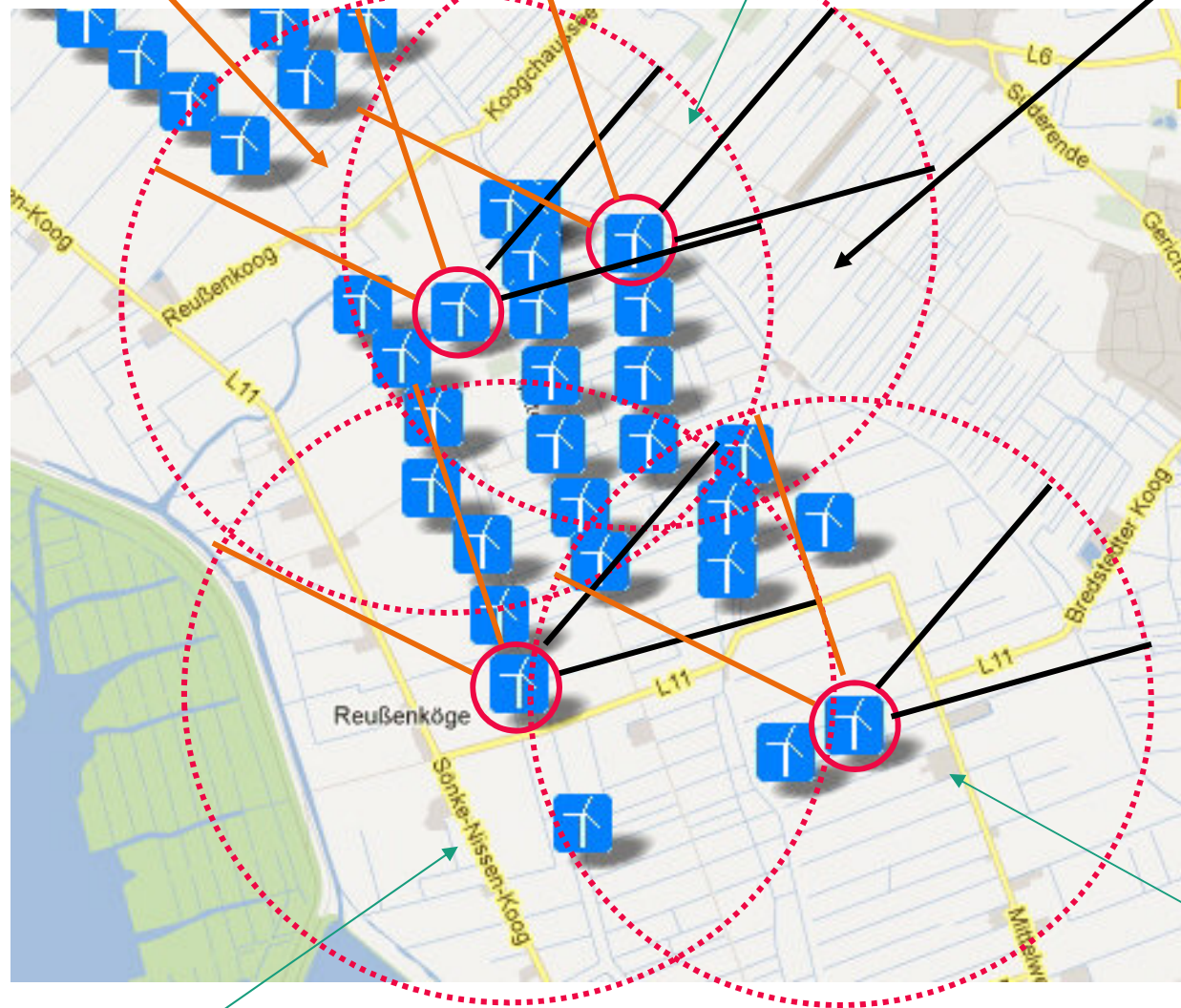




Westerland

Aabenraa
Bredstedt

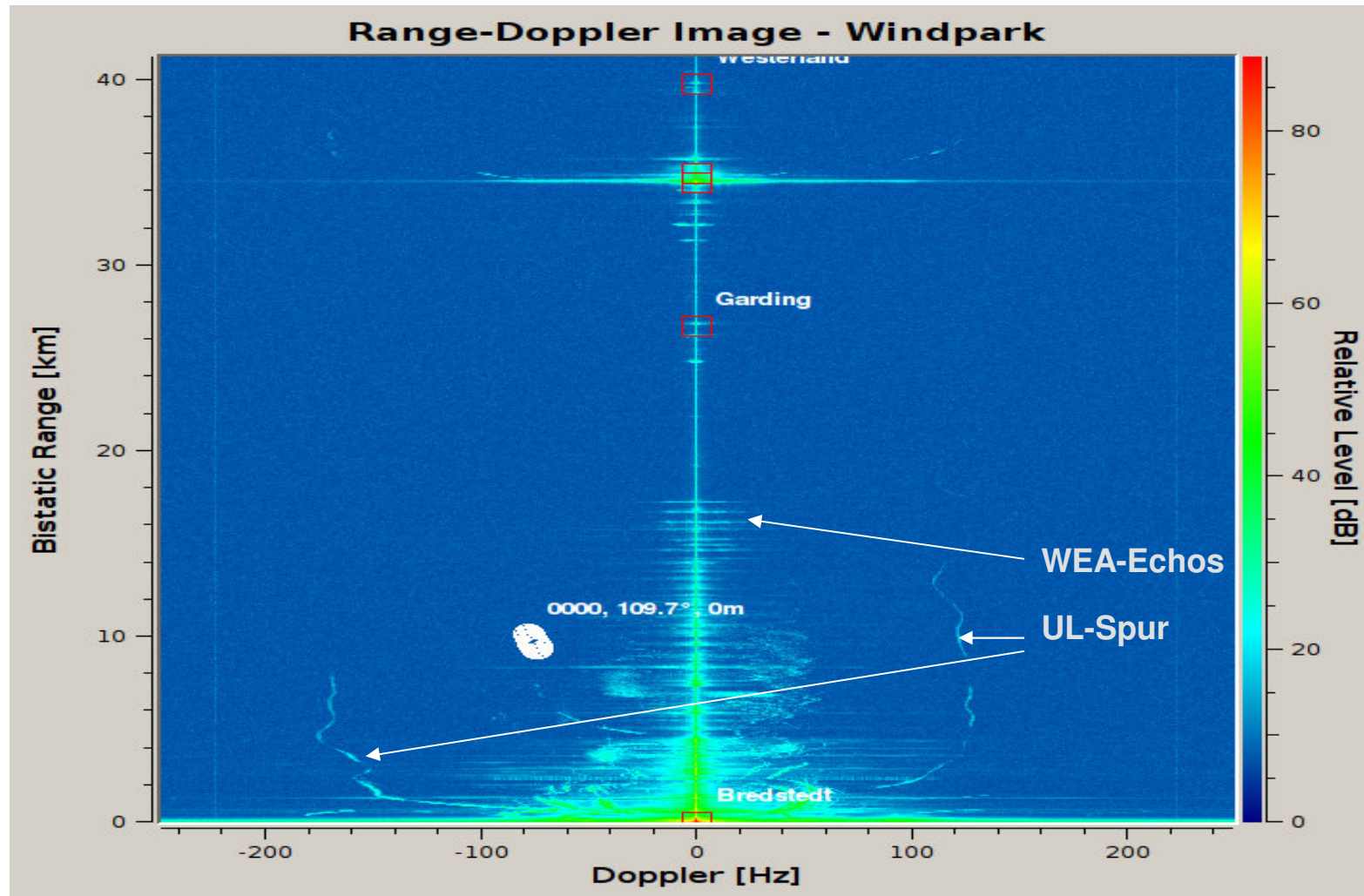
Flensburg



- Bedeckungskreise nicht maßstäblich
- Sensor-Reichweite ca. 10 km
- Totzonen in Richtung der Sender
- Überdeckung durch Nutzung mehrerer Sender
- System erweiterbar

Schleswig

Spur eines UL und WEA-Echos



Testsensor zum experimentellen Nachweis

8-Kanaliges Experimentalradar

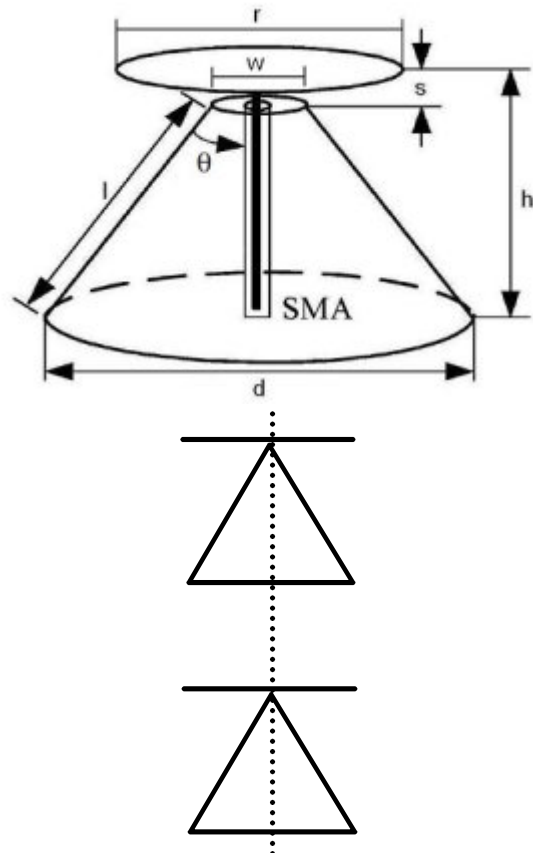
COTS-Rechner

HF-Einheit

elevierbare Antenneneinheit



Antennenkonzept Discone-Antennen



Interferometrische Höhenmessung



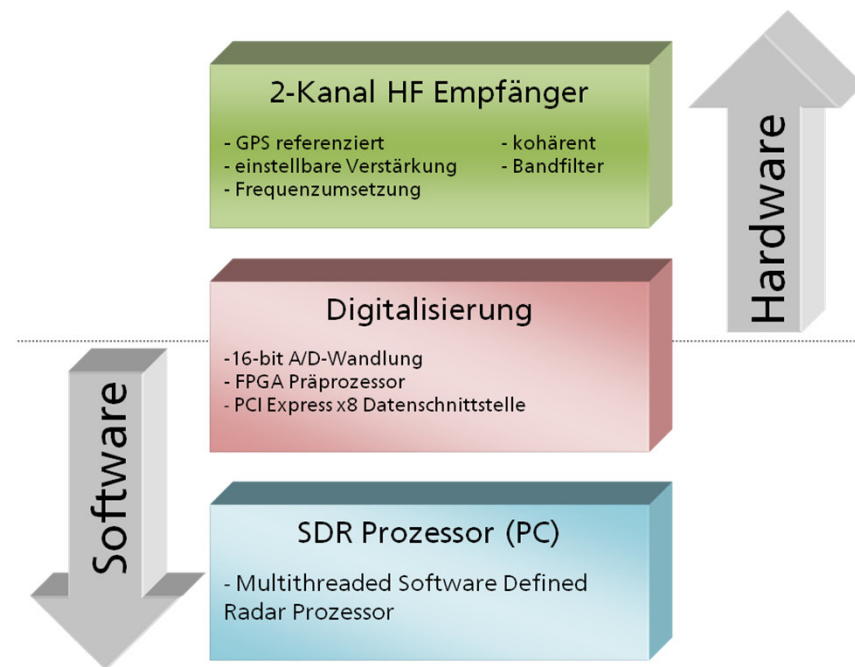
Montagemöglichkeit an WEA-Turm
Ausblendung des Direktsignals

Sensorkonzept

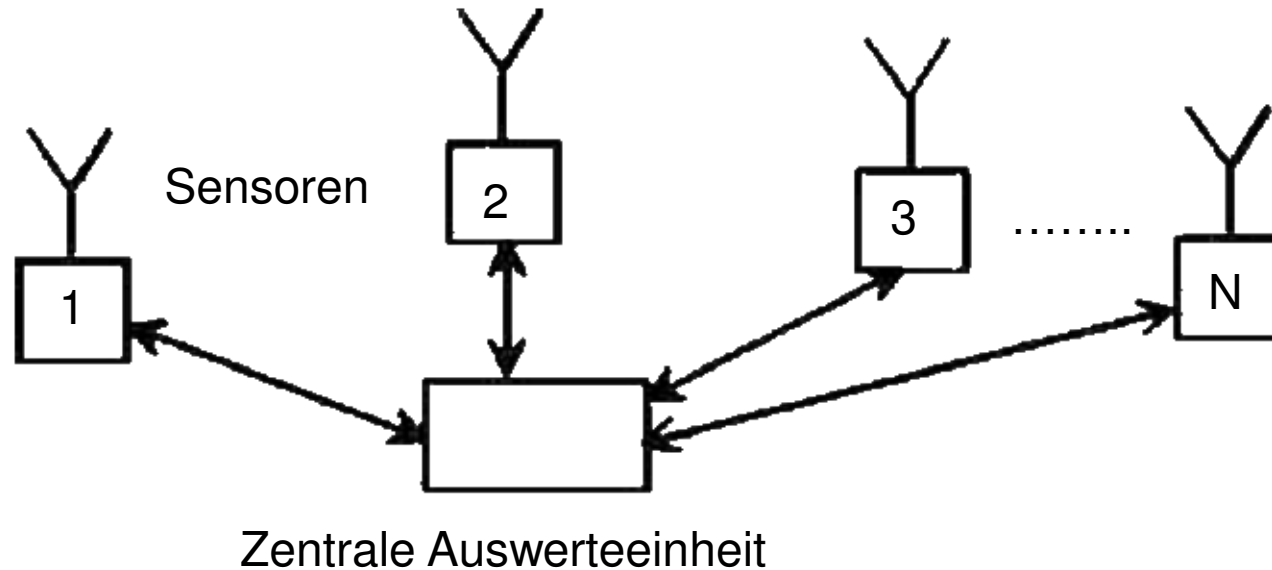
Kernpunkte

- Parallelisierte Signalverarbeitungssoftware als Herzstück des Systems
- „Wenig Hardware, viel Software“ reduziert Herstellungs- und Wartungskosten
- Verwendung kostengünstiger COTS-Bauteile (Commercial off-the-shelf)
- Hochdynamische Digitalisierung zur Detektion kleinster Ziele
- Rollenbasiertes MMI (Man-machine-interface) zur einfachen Kontrolle des Systems über Netzwerk

Schematische Darstellung



Systemkonzept: Sensornetz, Verteilung auf WE-Park



- Vorverarbeitung im Sensor (Laufzeitellipse(n))
- Vernetzung über WEA-Steuer- und Kontrollnetzwerk
- Fusion in zentraler Auswerteeinheit
- Generierung der Warnauslösung

Mögliches Realisierungskonzept Sensorantenne



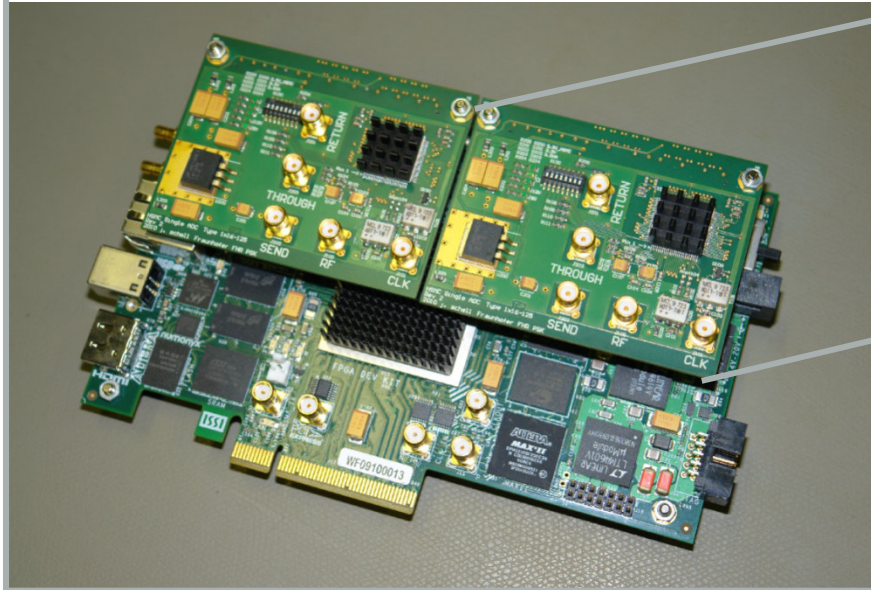
2 Discone-Antennen vor
Absorbermaterial

unter EM-transparentem Radom
(Wetterschutz)

Foto: Jan Oelker / Repower Systems SE

Realisierungskonzept Sensorsignalprozessor

AD-Wandler / Signalprozessor - Einheit
Eigenentwicklung Fraunhofer FHR



AD-Wandlertkarten
als Aufsteckmodule
für
FPGA-Board



Sensormodul als 19" Einheit

Realisierungskonzept - System

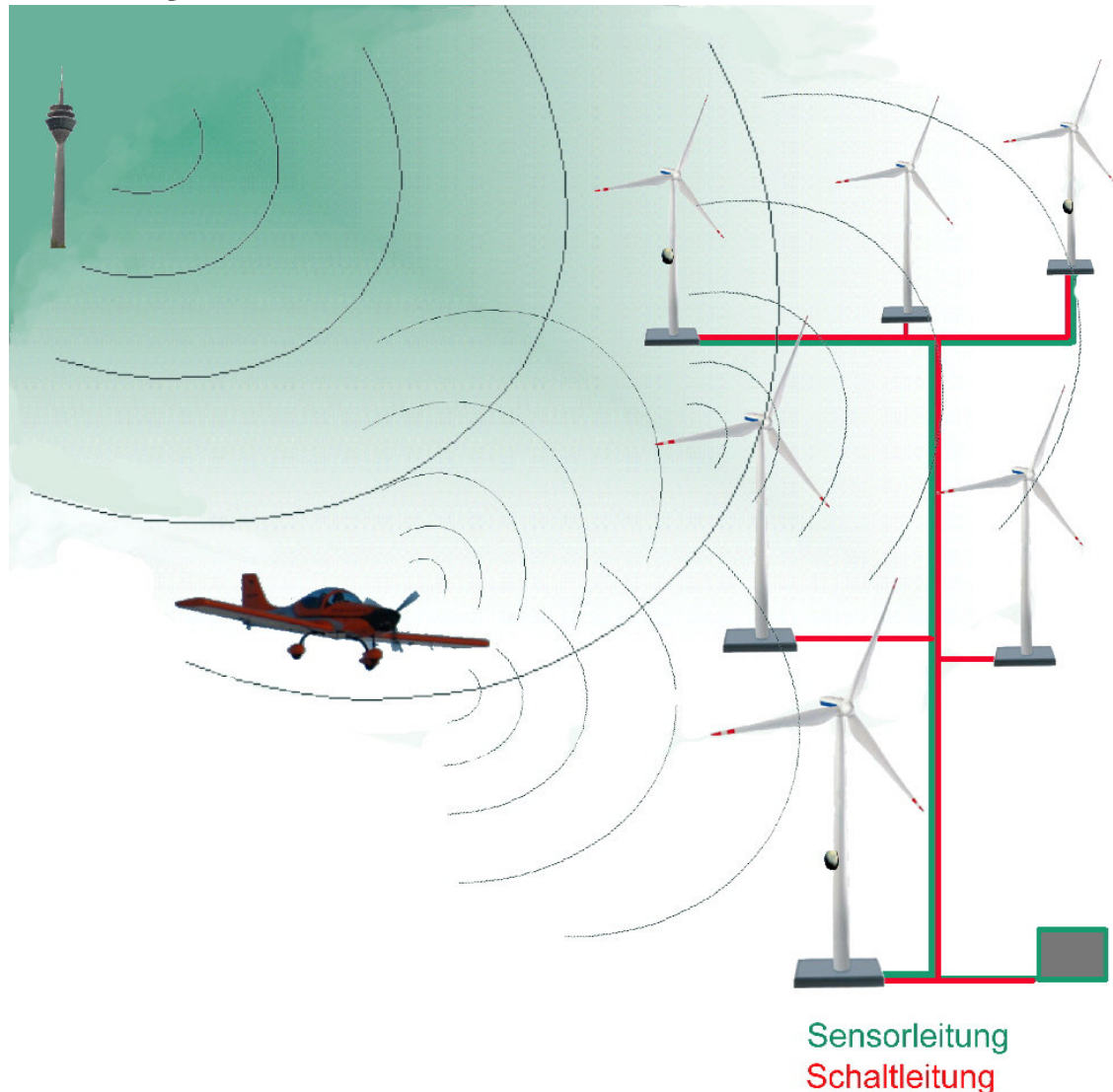
Warnbefeuerung ist deaktiviert, System ist aktiv

3 Sensoren erfassen Echos des Luftfahrzeugs unter Nutzung eines DVB-T Senders

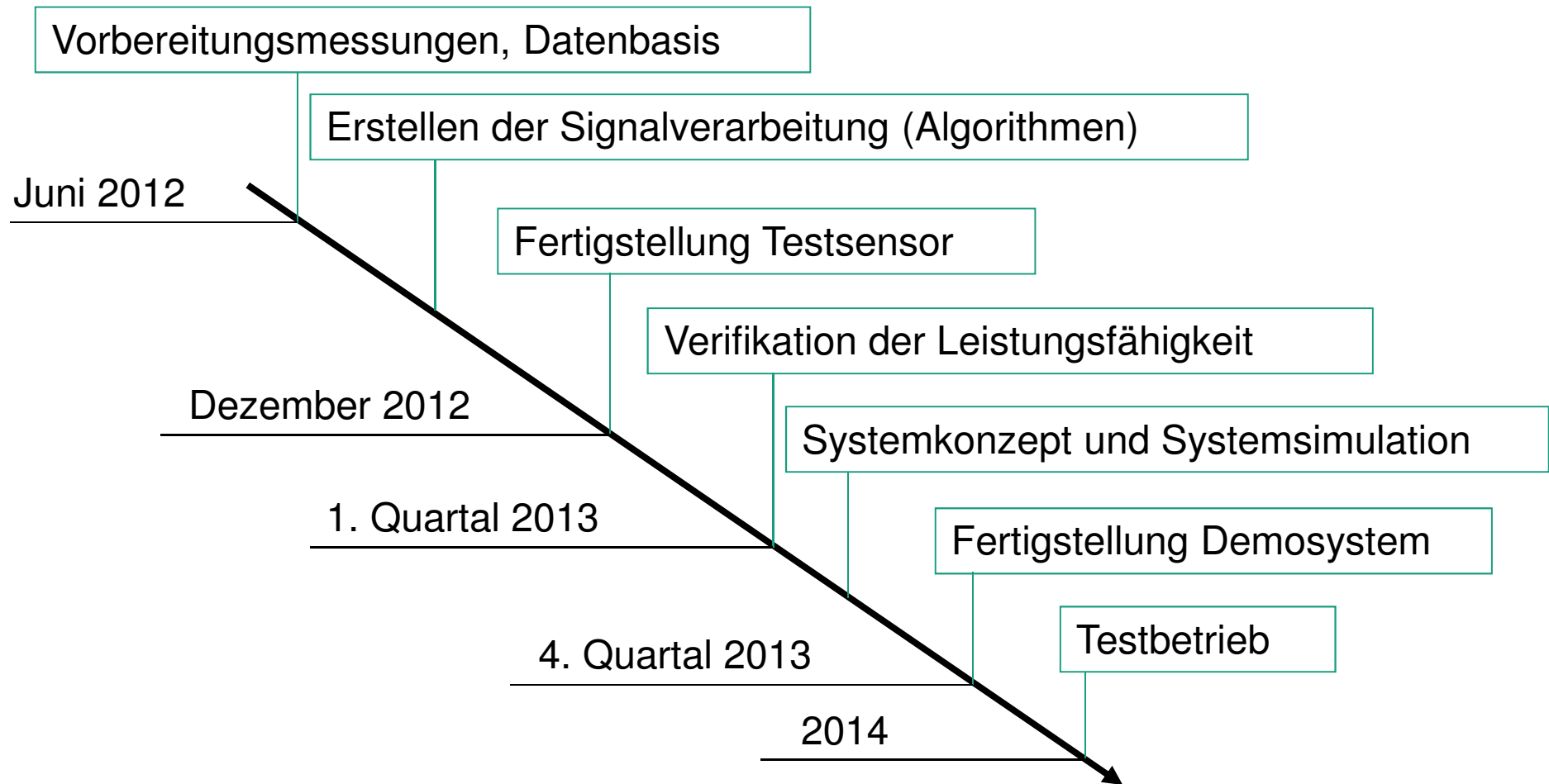
Ortung und Verfolgung in der zentralen Auswerteeinheit

Aktivierung der Warnbefeuerung bei Eindringen in Schutzbereich

Aktivieren der Warnbefeuerung bei Fehlermeldung im System



Umsetzungsplanung (road map)



Fragen?