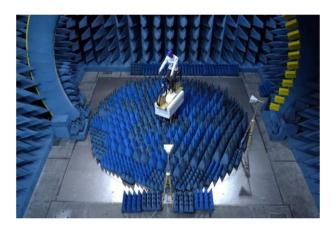
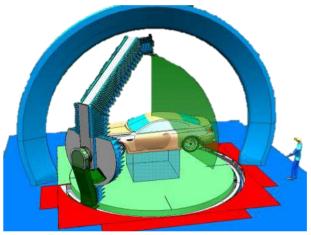


### Mono- und bi-statische RCS-Messungen (Mikrowellen und Millimeterwellen)

- Monostatische und bi-statische RCS-Messungen in den Frequenzbereichen 0,8...26,5 GHz und 67...115 GHz
- Messungen mit variablen Beleuchtungs- und Beobachtungswinkeln (2D, 3D)
- Breitbandige dual-polarimetrische Vermessung unterschiedlicher verkehrsrelevanter Radarobjekte (reale Größen sowie skaliert)
- Leistungskalibrierung mittels zertifizierter Referenzobjekte
- Umfangreiche digitale Signalnachbearbeitung

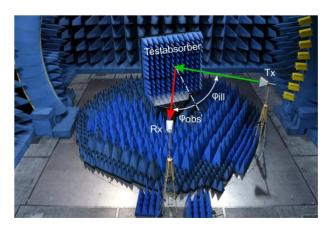






### Modellierung elektromagnetischer Mikrowellenabsorber

- Breitbandige Reflektivitätsmessungen im Frequenzbereich 0,8...18 GHz
- Automatisierte monostatische und bi-statische Messungen bei variablen Beleuchtungs-/ Beobachtungswinkeln
- Charakterisierung schwach reflektierender Mikrowellen-Absorber bis zu -60 dB
- Vertikale Testfläche (1,80 m x 1,80 m) zur Messung unterschiedlicher Absorber-Konfigurationen
- Vergleich mit numerischen Simulationen (Vollwellensimulation und Strahlenverfolgung – ray tracing)









### Messplatz zur Systembewertung von Fahrzeugradaren

- Hersteller- und plattformunabhängiger Over-the-Air Test für Kfz-Radarsysteme in VISTA
- Digitaler Radarzielsimulator

Automotive Radar Test System zur echtzeitfähigen und breitbandigen Nachbildung von Dopplerverschiebung und Radarstreuquerschnitten

Typ: dSPACE DARTS-9030 M

Frequenzbereich: 75...82 GHz Chirp Signalbandbreite: 1000 MHz

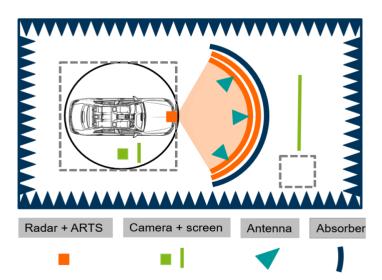
Minimale Distanz: 7,5 m Maximale Distanz: 1000 m

Anzahl Sendemodule: 8

· Szenarien-basierte Kamerastimulation

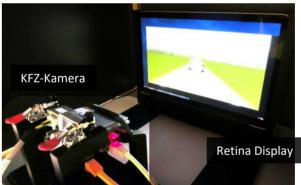
Fotorealistische HiL-Tests der KFZ-Kamera Retina Display (Auflösung 2560 x 1600; 227 dpi) Stand-Alone-Betrieb oder Fusion mit KFZ-Radar Externe Anbindung via Fahrzeug-CAN-Datenbus

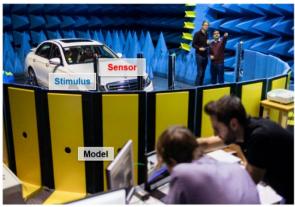
- Hardware-in-the-Loop (HiL) Testsystem Scalexio E31275 mit ControlDesk, ConfigurationDesk und AutomationDesk
- Spektralanalyse bis 110 GHz inklusive Analyse von Modulationsinhalten bis 4 GHz Bandbreite

















## Anpassbare elektromagnetische Randbedingungen für Antennenmessungen

- Untersuchungen zum Einfluss der elektromagnetischen Randbedingungen auf das Strahlungsverhalten von Fahrzeugantennen
- · Künstliche Massefläche für Antennen
- Kunststoff Rahmenkonstruktion:

Durchmesser: 5,8 m Höhenverstellbar: 0,7...2,3 m

 Stoffbespannung: Unterschicht aus versilberter Nylon-Fallschirmseide mit leitfähiger PU-Beschichtung (Shieldex® Berlin RF)

Flächenwiderstand: Durchschnittlich 300 mΩ/m²

 $(max < 500 \text{ m}\Omega/\text{m}^2)$ 

Abschirmwirkung: Durchschnittlich bis > 60 dB

im Frequenzbereich

0,3...5 GHz

 Oberschicht aus versilberter Nylon-Fallschirmseide mit zusätzlicher Kupfer/Nickel Beschichtung (Shieldex® Nora Dell CR)

Flächenwiderstand: Durchschnittlich 9 mΩ/m<sup>2</sup>

Abschirmwirkung: Durchschnittlich bis zu 95 dB

im Frequenzbereich

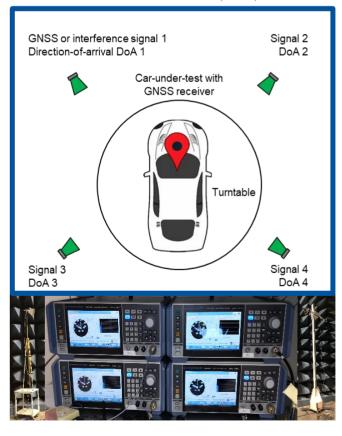
0,3...10 GHz

### **Emulation von Satellitennavigation**

- GNNS Satellitensimulation mit 4 synchronisierten Rode & Schwarz Signalgeneratoren Typ: SMBV100B
- Beleuchtung des Szenarios aus unterschiedlichen Richtungs-winkeln (Azimut, Elevation) zur Nachbildung der realistischen Einfallsrichtung der Satellitensignale
- Erzeugung von definierten Täusch- und Störsignalen zur Kontrolle der Störfestigkeit von Empfängern
- · Test kompletter Empfänger im eingebauten Zustand
- Szenarien mit GPS und Galileo auch gemischt darstellbar



Shielded anechoic chamber (VISTA)









#### **Funkkanalemulation in VISTA**

- Kombinierte Hardware- und Software-basierte Nachbildung von Mobilfunkdiensten (LTE, 5G, DSRC, C-V2X) mit Over-the-air Verfahren
- Nachbildung von Strahlenbündeln (cluster) mittels sektorisierter Antennengruppen
- MIMO-Funktionalität
- Einstellung von Dopplerverschiebung, Signalverzögerung (delay) und Winkelrichtungen bzgl. Absolutwerten und Spreizungen (spread)
- Messung qualitätsrelevanter Übetragungsparameter wie Datendurchsatz in Uplink und Downlink, RSRQ, RSRP, RSSI, CQI und SINR
- Kanalemulator: Keysight Propsim F32
  - 24 Kanäle
  - Frequenzbereich 0,35...6 GHz
  - Bandbreite 40 MHz
  - Kanalmodellierungssoftware für LTE-A und MANET Szenarien
  - Nachbildung von Abschattungen (shadowing, large-scale fading) von 0 bis 100 dB in 0,01 dB-Schritten
  - Fernkonfiguration und -steuerung von Emulationen







### Antennenmesslabor (ergänzend zu VISTA)

Antennencharakterisierung mittels Fernfeldmessungen, optionale Nahfeld-Fernfeld-Transformation (sphärischer Nahfeld-Scanner)

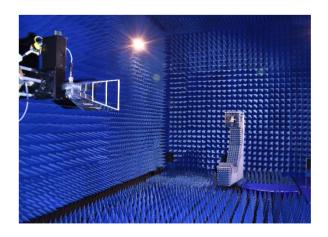
Hersteller: Nearfield Systems, Inc.
Messsystem: NSI-800F-10x mit

Nahfeldmessoption NSI-SW5305

Schirmkammer: 8,9 m x 5,1 m x 5,1 m Frequenzbereich: 0,8 ... 110 GHz

Positionierer-

belastbarkeit: 10 kg Messabstand: 5 m Winkelauflösung: 0,03°











115

#### Funkkanal-Messtechnik Channel Sounder

#### Sub-6-GHz-Sounder

Messgerät: MIMO Channel Sounder

• Spezifikationen: - 160 MHz Bandbreite

- bis zu 1 h Echtzeitdaten-Speicherung

- Vollprogrammierbares Sendesignal

- Multiband und Vielfach-Sounder Betrieb

- Schaltbarer MIMO Zugang

- Frequenzbänder:

2,0...2,2; 2,5...2,7; 3,4...3,6; 5,0...6,0 GHz

- Vermessung von 4G- und 5G-Funkkanälen

• Untersuchungen:- Channel Sounding, BS-UE, AP-UE, D2D, inklusive V2X

- Räumlich-zeitliche Charakterisierung

- Hochauflösende Mehrwege-Parameterschätzung



#### Mess- und -Soundertechnik im mm-Wellen bis THz-Bereich

- Messgeräte: 1. Nichtlineare HF Charakterisierung mit PNAX bis 67GHz
  - 2. Netzwerkmesstechnik bis 340 GHz
  - 3. Breitbandtechnik bis 16 GHz Bandbreite (AWG7000 und DPO70000)
  - 4. Multi-Band UWB Channel Sounder bis 300 GHz
- Spezifikationen UWB Channel Sounder:
  - 1. ≤ 7 GHz Bandbreite
  - 2. bis 2h Echtzeitdaten-Speicherung mit 4 Kanälen
  - 3. Multiband-Betrieb von bis zu 3 Frequenzbändern parallel
    - Mikrowellen-Bereich: 0...3,5 GHz / 3,5...10 GHz
    - mm-Wellen-Bereich: 24...40 GHz / 57...66 GHz / 71...78 GHz
    - THz-Bereich: 180...220 GHz/ 280...340 GHz
  - 4. Vermessung von 5G- und 6G-Funkkanälen
- Untersuchungen:- Channel Sounding, BS-UE, AP-UE, D2D, inklusive V2X
  - Räumlich-zeitliche Charakterisierung des Funkkanales
  - Test von 5G und 6G Technologien











#### **EMV-Messtechnik**

Entwicklungsbegleitende EMV-Messungen der gestrahlten und geleiteten Emission im Prüffeld VISTA

EMV-Halle: Geschirmte Absorberkammer,

 $16 \, m \, x \, 12 \, m \, x \, 9 \, m$ 

Antennenmast: Einstellbare Messhöhe 1...4 m

Messgeräte: EMI Testempfänger Rohde & Schwarz

ESR-7, Netznachbildung Rohde &

Schwarz ENV432

Frequenzbereich: 9 kHz ... 6 GHz

Messabstand: 3...5 m



### **EMVU-Messtechnik (HF und NF)**

Messgerät HF: Tragbares selektives Strahlungsmessgerät

Narda SRM-3006

Frequenzbereich: 9 kHz bis 6 GHz

Sonde: Triaxiale E-Feld-Antennen

0,027... 3,0 GHz 0,42 ... 6,0 GHz

Besonderheiten: Codeselektive UMTS- und LTE-Messungen

Untersuchung: Vorortmessung der elektrischen Feldstärke durch

verschiedene Funkquellen mit Bezug zur EM Feld-

**Exposition von Personen** 

Messgerät NF: kombinierter E- und H- Feldanalysator

Narda EHP-50F

Frequenzbereich: 1 Hz bis 400 kHz

Besonderheiten: "Weighted peak" Bewertung, FFT-Spektrumanalyse

Untersuchung: Vorortmessung der elektrischen und magnetischen

Feldstärken an Anlagen der Energieversorgung (Hochspannungsleitungen, Transformatorstationen)









#### Mikrowellenmesstechnik (Frequenz- und Zeitbereich)

- Koaxiale Vektornetzwerkanalysatoren:
  - Agilent PNA-X N5242, 4-Port Testset,
  - nichtlineare X-Parameter 0,01...26,5 GHz
  - Lichtwellen-Komponenten-Analysator Agilent N4376D,
  - Agilent PNA E8361A: 0,01...67 GHz,
  - Keysight PNA N5222B: 0,01...26,5 GHz und 67...115 GHz
  - 4-Tor Testset 0,01...50 GHz,
  - Puls-Testset 0,2...40 GHz;
  - Anritsu MS4630B (10 Hz bis 300 MHz)
  - Keysight FieldFox N9952A Microwave Analyzer bis 50 GHz
- Maury-Tuner basierte Rauschparametermessung 1...26,5 GHz
- Rauschfaktoranalysator 0,01...26,5 GHz (Agilent N8975A)
- Spektrumanalysatoren
  - 50 GHz und 75...110 GHz (Agilent PSA E4448A, ext. Mischer)
  - 26 GHz (Rohde & Schwarz FSEM)
  - 32 GHz (Anritsu MS2802A)
  - 50 GHz (Keysight FieldFox N9952A)
- · Waferprober-Messplätze:
  - Suess PM4
  - Cascade Summit 9000
  - evakuierbarer Waferprober Suess MicroTec PMV150 mit Thermochuck (-40 bis 150oC)
- Zeitbereichsreflektometer (LeCroy SDA100G)
- Transientenanalyse (HP 70820A)
- 4-GHz Vierkanal Echtzeit-Oszilloskop (Keysight DSOS404A mit Smart-Mixer 60...90 GHz)
- 11-GHz Vierkanal Echtzeit-Oszilloskop (LeCroy SDA 11000)
- 20 GHz Agilent Infiniium DCA-X 86100D Oszilloskop mit optischen Eingängen 750...1650 nm
- 70-GHz Sampling-Oszilloskop (LeCroy SDA 100G)
- Signal Source Analyzer 26,5 GHz (Rohde & Schwarz FSUP)
- Signalquellen: z.B. Agilent PSG E8257D bis50 GHz; SMIQ06B bis 6 GHz; Vector Signal Generator R&S SMBV100B (GPS, Galileo)
- Optisches Profilometer "Alicona infinite focus" (Auflösung: vertikal 20 nm, horizontal 600 nm)
- Leiterplatten-Prototyping mit LPKF ProtoMat S103
- Nahfeld-Antennenmesssystem EMSCAN RFxpert RFX2-62 zur schnellen Messung der Strahlungseigenschaften planarer Strukturen 0,3...6 GHz
- Compute server Windows- und Linux-basiert
- Simulationswerkzeuge für HF-Schaltungsentwurf: MicroSim (PSpice), Serenade
- Simulationswerkzeuge für 2D/3D Mikrowellen-Feldberechnungen: Keysight ADS, Ensemble (MoM), IE3D (MoM), Ansoft HFSS (FEM), CST Microwave Studio (FDTD) einschließlich aktueller Desktop-Rechentechnik
- Datenverarbeitung: MatLab mit SimuLink Toolboxes (The Mathworks)















### Fraunhofer

FORTE-Versuchsanlage des Fraunhofer IIS (Facility for Over-the-Air Research and Testing)

- Freifeldmesseinrichtung für mobile Satellitenterminals im Ku- und Ka-Band mit Bewegungs- und Kanalemulatoren
- Vermessung von 5G Phased-Array Antennen im Frequenzbereich FR2 (> 6 GHz)
- · Over-the-air Testumgebung für Kommunikationsund Navigationssysteme (GNSS) bis 6 GHz
- Emulation realistischer, dreidimensionaler und virtueller elektromagnetischer Umgebungen unter Verwendung der Emulationsmethoden Wellenfeldsynthese für elektrisch kleine Testobjekte und "wireless cable" für elektrisch große Testobjekte

Ausführliche Informationen unter:

https://www.iis.fraunhofer.de/en/profil/standorte/forte.html



Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Markus Landmann

markus.landmann@iis.fraunhofer.de

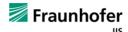












## FORTE-Versuchsanlage des Fraunhofer IIS (Facility for Over-the-Air Research and Testing)

#### Forschungsplattform SatCom

- Test von SatCom-on-the-move (SOTM) Terminals für:
  - Global VSAT Forum SOMAP Type Approvals
  - Terminalhersteller und Satellitenbetreiber
- · Kompetenzen:
  - Synchronisierte realistische Profilwiedergabe über Satelliten-, Bewegungs-, Kanal- und GPS-Emulatoren
  - Test mit Standardbewegungsprofilen für landmobile und maritime Anwendungen

Bewegungsemulator: Neigungswinkel: ±450

Geschwindigkeit: 300o/s Beschleunigung: 1000o/s<sup>2</sup>

Satelliten-Payload: 50m Antennenturm für

Satellitennutzlastemulatoren mit 80 MHz Bandbreite

Kanalemulator: Realistische C/N und realistische

Schattenprofile

 Sensorarray auf dem Antennenturm zur präzisen Schätzung des Antennen-De-Pointing und der Nachbarsatelliteninterferenz

#### Forschungsplattform 5G-mmWave

- Test von 5G Beamforming-Antennen im Frequenzbereich FR2
  - Plattformenwicklung innerhalb nationaler öffentlicher Projekte
  - Projekte mit Industrie z.B. Anokiwave, Alcan, Kymeta
- · Kompetenzen:
  - Vermessung von Antennencharakteristiken im Fernfeld: Antennenmuster, Gewinn, HPBW, SLL
  - Vermessung von Beamforming- und Null-Steering-Fähigkeiten













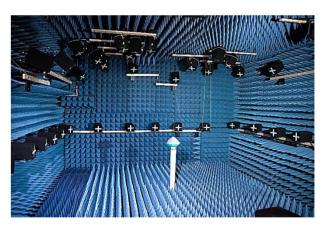


### FORTE-Versuchsanlage des Fraunhofer IIS (Facility for Over-the-Air Research and Testing)

#### Forschungsplattformen MIMO-OTA

- Test von MIMO-Transceivern bis 6 GHz für:
  - Mobiles Breitband (inkl. LTE Testbed, 5G)
  - GNSS: Positioniergenauigkeit, Störimmunität etc.
  - Industrielle Kommunikation
  - V2V und V2I
- Signalerzeugung
  - GNSS Emulator Spirent GNS9000
  - Mobilfunk: Rohde & Schwarz CMW 500
- Ansätze
  - Wellenfeldsynthese für kleinere Testobjekte
  - Wireless Cable für größere Testobjekte (z.B. Fahrzeuge)
- Kanalmodellierung
  - (Geometriebasierte) stochastische Kanalmodelle (z.B. 3GPP TS 38.901)
  - Ray tracing
  - Gemessene Kanäle
  - Technische Parameter
  - Frequenzbereich: 0.3...6 GHz
    Bandbreite: 80 MHz
    RF Output: + 10 dBm
  - Konnektivität: 12 Eingänge x 32 Ausgänge
    - = 384 Kanäle
  - 3072 Taps / Impulsantwort





Ausführliche Informationen unter: https://www.iis.fraunhofer.de/de/profil/standorte/forte.html



