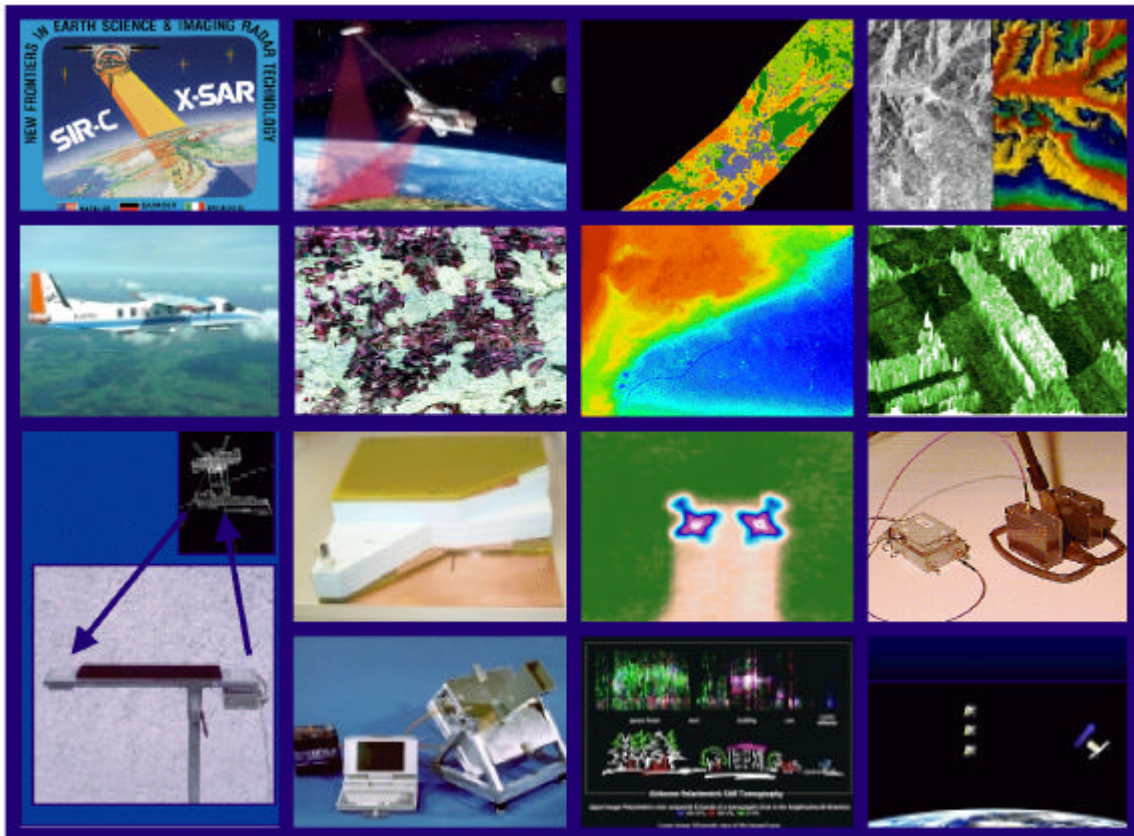


# Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme

Leitung: Alberto Moreira

## Strategie, Ziele und neue Organisation



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme (HR)  
Münchener Straße 20  
82234 Weßling/Oberpfaffenhofen

# Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme

## Strategie, Ziele und neue Organisation

### INHALT

1. Einführung	3
2. Kerngebiet <i>Hochauflösendes Radar</i>	4
2.1 TERRASAR	4
2.2 SAR-LUPE UND RSE	4
2.3 SENSOR-KALIBRIERUNG, VALIDIERUNG UND ANALYSE	5
2.4 FLUGZEUGGETRAGENES SAR-SYSTEM, E-SAR	5
2.5 NEUES FLUGZEUG-SAR-SYSTEM, F-SAR	6
3. DLR <i>Center of Excellence</i> auf dem SAR-Gebiet (HR, DFD und IMF)	6
3.1 POLARIMETRISCHE SAR INTERFEROMETRIE	6
3.2 INNOVATIVE SAR KONZEPTE	7
4. Neue Organisation des Instituts	7
4.1 ABTEILUNG SAR-TECHNOLOGIE (ALBERTO MOREIRA)	8
4.2. ABTEILUNG MIKROWELLENSYSTEME (DAVID HOUNAM)	10
4.3 ABTEILUNG SATELLITEN-SAR-SYSTEME (MARIAN WERNER)	12
4.4 ABTEILUNG AUFKLÄRUNG UND SICHERHEITSSYSTEME (HELMUT SÜß)	13
5. Ziele/Meilensteine	14
6. Vision	16
7. Zehn Ausgewählte Veröffentlichungen (Zeitraum 1996-2001)	16
8. Preise und Auszeichnungen (seit 1995)	17
9. Kontakt	19

## 1. Einführung

Das Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme (HR-Institut) bearbeitet sensornahe Aufgaben der Fernerkundung und Aufklärung mit aktiven und passiven Mikrowellenverfahren. Das Institut sieht seine Stärke in der Bearbeitung von langfristig angelegten, anwendungsorientierten Forschungsthemen in Luft- und Raumfahrt sowie im Verkehr (in Entstehung). Es bildet ein Cluster für Hochfrequenz- und Nachrichtentechnik mit dem Institut für Kommunikation und Navigation und hat 1999 zusammen mit dem Cluster Angewandte Fernerkundung die DLR-Auszeichnung als *Center of Excellence* auf dem SAR-Gebiet erhalten.

Auf seinem Hauptaufgabengebiet Mikrowellenfernerkundung besitzt das Institut eine international anerkannte Spitzenposition. Dies ist darauf zurückzuführen, dass von Anfang an eine Gesamtsystemfähigkeit, d.h. eine Beherrschung der einzelnen Stufen von der Datenaufnahme bis zur Dateninterpretation realisiert wurde. Die Aktivitäten des Instituts sind auf das DLR-Kerngebiet "hochauflösendes Radar" fokussiert, wobei hier die Aktivitäten auf dem SAR-Gebiet den Schwerpunkt bilden.

Das Institut betreibt diverse Versuchsanlagen. Neben dem flugzeuggetragenen SAR-System (E-SAR), dem bodengebundenen SAR-System MobiSAR und flugzeuggetragenen Mikrowellenradiometern gehören zu den wichtigsten Anlagen eine Signaturmessanlage, ein Reflektions- und Streufeldmessplatz zur Stoffkonstantenbestimmung, das Wolkenradar (zusammen mit dem Institut für Physik der Atmosphäre) und ein über 270 km ausgeweitetes Kalibriergebiet in Bayern mit diversen passiven und aktiven Kalibriergeräten.

Seiner Expertise und die Ressourcen erlauben dem Institut, bei der Planung und Durchführung von nationalen und internationalen Projekten und Programmen mitzuwirken, beispielsweise bei ERS-1, SIR-C/X-SAR, SRTM, ENVISAT/ASAR, SAR-Lupe und TerraSAR. Als aktuelles Beispiel gelten die Aktivitäten des Instituts für externe Kalibrierung, Validierung und Qualitätskontrolle der Radardaten des ASAR-Instruments auf der ENVISAT-Plattform. Auch die Optimierung der Antennenbelegung des ASAR-Instruments mit seinen 320 T/R-Modulen wird durch ein im Institut entwickeltes Verfahren zur Antennensynthese und -analyse durchgeführt.

Im Rahmen des Schwerpunkts Verkehr bereitet das Institut einen Vorschlag für ein Programm zur Überwachung des Straßenverkehrs mit luftfahrzeug- bzw. satellitengestützten Radarsensoren vor. Ziel der Aktivitäten ist, innovative Radartechnologie und Signalverarbeitungsverfahren zur Detektion und Lokalisierung von Straßenfahrzeugen sowie zur Messung der Richtung und Geschwindigkeit zu entwickeln. Dies könnte den Kern eines autonomen, allwetterfähigen Überwachungssystems bilden, das großflächig den Straßenverkehr erfassen kann. Die Anwendung alternativer Plattformen (z.B. Luftfahrtschiffen) soll untersucht werden.

Eine intensivere Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Höchsthochfrequenztechnik an der Universität Karlsruhe wird auf dem Gebiet des *Digital Beam Forming on Receive* anvisiert. Im Hinblick auf die gemeinsame Berufung für die Institutsleitung im HR-Institut und Professur an der Universität Karlsruhe soll die bereits existierende Kooperation in diversen Vorhaben und Projekten sowie bei der Betreuung von Diplomanden und Doktoranden intensiviert werden.

Das HR-Institut arbeitet im Rahmen von Projekten für satellitengestützten SAR-Missionen eng zusammen mit den Instituten IMF, DFD und GSOC sowie mit der Flugbereitschaft bei den Messkampagnen mit dem E-SAR-System für diverse Kunden in Deutschland und Europa. Die Arbeiten des Instituts sind Teil eines Netzwerkes führender Einrichtungen: NASA/JPL (SRTM, ECHO Proposal), ESA (SARCON Software, CalVal-Aktivitäten, POLSAR-Studie), CNES (*Cartwheel* Studie, VOICE proposal für ESA *Call for Proposals for Earth Explorer* Missionen), ONERA (Bi-statisches Flugzeug-SAR-Experiment, Modellierung der Radarrückstreuung), CESBIO und QinetiQ (Internationale Arbeitsgruppe der Polarimetrie und Interferometrie) und EU (TMR- und RTN-Netzwerke, Carpe Diem).

## 2. Kerngebiet *Hochauflösendes Radar*

Ziel der Arbeiten auf dem Kerngebiet *Hochauflösendes Radar* ist die Entwicklung neuer SAR-Systeme zur Bereitstellung multifrequenter, polarimetrischer und interferometrischer Radardaten für hochaufgelöste digitale Höhenmodelle sowie zur Ableitung von geophysikalischen Parametern über Land- und Meeresoberflächen.

Das DLR beschäftigt sich seit mehr als 20 Jahren mit SAR und ist heute aufgrund seiner Gesamtsystemkompetenz sowohl für flugzeug- als auch für satellitengestützte Systeme auf diesem Gebiet international führend. Neben der Systemkompetenz sind die Entwicklung und der Betrieb eines flugzeuggetragenen, experimentellen SAR-Systems (E-SAR) zur Erprobung neuer Technologien sowie zur Evaluierung theoretischer Modelle für die unterschiedlichen Anwendungsdisziplinen entscheidend.

### 2.1 TerraSAR

TerraSAR-X wird der erste deutsche operationelle Radar-Satellit für wissenschaftliche und kommerzielle Anwendungen sein. Er wird in enger Kooperation zwischen DLR und Astrium im Rahmen einer *Private Public Partnership* entwickelt und ab 2005 in Betrieb genommen. Er basiert auf einem Technologie-Demonstrator für *Phased Array*-Antennen sowie auf den Erfahrungen der SAR-Missionen SIR-C/X-SAR und SRTM, die in den Jahren 1994 bzw. 2000 zusammen mit NASA/JPL erfolgreich durchgeführt wurden.

Die Arbeiten im Institut konzentrieren sich auf die fachliche Unterstützung des Projekts mit dem Teilprojekt „Systemtechnik und Kalibrierung“. Wesentliche Aufgaben dabei sind die Systemanalyse des Instruments, die Sicherstellung der Leistungsfähigkeit, Begleitung der Systementwicklung bei der Industrie und Abnahme des SAR-Instruments, Konzeption und Durchführung des Radarbetriebs, Entwicklung des Prozessierungsverfahrens im *Spotlight*-Modus sowie die interne und externe Kalibrierung des SAR-Instruments.

TerraSAR-X wird zusammen mit künftigen nationalen und internationalen Satelliten in anderen Frequenzbändern ein Netzwerk zur Versorgung mit Radarfernerkundungsdaten bilden. Die SAR-Daten und Informationsprodukte werden privatwirtschaftlich über InfoTerra vertrieben. Den wissenschaftlichen Vertrieb wird das DLR übernehmen.

### 2.2 SAR-Lupe und RSE

Die grundlegenden Ziele und Aktivitäten innerhalb des Projektes *Sicherheitsrelevante Erdbeobachtung* (RSE) sind: Satelliten- und systemtechnische Untersuchungen zu kostengünstigen Radarsatelliten; Entwicklung eines Missions- und Satellitensimulators; Entwicklung eines *Performance Estimators* zu Entwurf, Analyse und Optimierung neuartiger SAR-Systeme für höchste Auflösung (*Stripmap*, *Spotlight*-, Interferometrie-Mode); Ausbau des drei-dimensionalen SAR-System- und -Zielsimulators (SAR *End-to-End*-Simulator SETES) für Systeme mit höchster Auflösung; Aufbau eines vollpolarimetrischen SAR-Systems am Boden (MobiSAR) mit höchster Auflösung im X-Band; vollpolarimetrischer Ausbau des Radars für Turmdrehstandmessungen; Auswertung des RTO-SET(TG24)-Experiments bei SRTM; numerische Simulation von Radarsignaturen und deren experimentelle Verifizierung für Tarnzwecke; Detektion von Anti-Personenminen und Minenfeldern durch luft- und raumgestützte Sensoren; Beratung des BMVg/BWB im Hinblick auf raum- und luftgestützte Aufklärung; Teilnahme an den Technologieprogrammen EUCLID, RTO-SET(TG24) sowie an MOUs und DEAs.

Im BMVg-Projekt *Radarsatellitensystem hoher Auflösung (SAR-Lupe)* führt die Abteilung Aufklärung und Sicherheit laufend wissenschaftlich-technische Unterstützungsleistungen durch, insbesondere bei den Hauptmeilensteinen und der Einsatzprüfung auf folgenden Gebieten: Raumsegment, Missionsanalysen und -simulation, SAR-Performance, SAR-End-to-End-Simulation, SAR-Prozessierung und Signaturuntersuchungen.

Mit TerraSAR-X und SAR-Lupe im militärischen Bereich wird die führende Position Deutschlands in Europa auf dem SAR-Gebiet erheblich ausgebaut.

### 2.3 Sensor-Kalibrierung, Validierung und Analyse

Qualität und Zuverlässigkeit von abbildenden Radarsensoren (SAR) hängen wesentlich von der Fähigkeit ab, die Funktionen des Radars und die Eigenschaften der Datenprodukte zu überwachen und ggf. zu korrigieren. Zu diesem Zweck werden Hardware- und Software-Werkzeuge zur Kalibrierung, Validierung und Analyse entwickelt und gepflegt, die sowohl für flugzeug- als auch für satellitengetragene Sensoren in den gängigen Frequenzbändern L, C und X eingesetzt werden. Ferner wird in Süddeutschland ein Kalibrierfeld unterhalten, das sich über eine Entfernung von ca. 400 km erstreckt. Hiermit können wesentliche Messungen für eine präzise Kalibrierung des Radarsensors durchgeführt werden. Dieses Feld wurde erfolgreich für die Kalibrierung der interferometrischen SAR-Sensoren der SRTM-Mission eingesetzt, wobei die Diagramme der SRTM-Antennen zweidimensional vermessen und die radiometrischen Konstanten sowie die Referenzphasen bestimmt wurden. Bemerkenswert sind auch die aktuellen Vorbereitungen für die ENVISAT-Mission: Die Kalibrierung des ASAR-Sensors im ScanSAR-Modus und die Entwicklung von Analysewerkzeugen zur Verifizierung des Instruments bzw. zur Validierung der Produkte (SARCON) sind Voraussetzungen für eine erfolgreiche Inbetriebnahme dieses hochkomplexen Radars.

### 2.4 Flugzeuggetragenes SAR-System, E-SAR

Das experimentelle Flugzeug-SAR-System E-SAR arbeitet polarimetrisch in fünf Frequenzbändern (P-, L-, S-, C- und X-Band) und ist in der Lage, hochauflösende SAR-Daten in innovativen Betriebsmodi wie z.B. die polarimetrische SAR-Interferometrie zu liefern. Dieses System dient zum einen der Erforschung neuer Technologien, Sensorkonzepte und Algorithmen. Zum anderen werden Messkampagnen für verschiedene Nutzer aus Deutschland und Europa zur Gewinnung von SAR-Messdaten hoher Qualität im Mikrowellenbereich bei Wellenlängen von 3 bis 70 cm durchgeführt. Das E-SAR-System ist im Schnitt über 100 Tage im Jahr im Einsatz und trägt erheblich zur Erwirtschaftung von Drittmitteln im Institut bei.

E-SAR ist entscheidend eingebunden in die Entwicklung kommerziell nutzbarer Fernerkundungsprodukte. Diese Entwicklung findet zur Zeit im Vorfeld zukünftiger SAR-Satellitenprojekte (z.B. TerraSAR) in Europa statt. Die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen über neue Technologien und damit verbundene Anwendungen mit dem Flugzeug-SAR stellen einen wesentlichen Beitrag zur Planung zukünftiger Satellitenmissionen (SRTM, TerraSAR und nachfolgende, wie z.B. *Cartwheel*, Mikrosatelliten) dar.

Steigende Anforderung an die Datenqualität und das Bedürfnis nach mehr Informationen aus den SAR-Daten führten zum Konzept des Nachfolgesystems F-SAR. F-SAR wird E-SAR in 2006 ablösen.

## 2.5 Neues Flugzeug-SAR-System, F-SAR

Ein zu entwickelndes Flugzeug-SAR-System der neuesten Generation soll 2006 das bisherige experimentelle Instrument E-SAR ablösen und den künftigen Bedarf an hochauflösenden, interferometrischen und polarimetrischen Multifrequenz-SAR-Daten von Kunden aus Industrie, Wissenschaft und Behörden decken. Das F-SAR-System unterscheidet sich wesentlich vom E-SAR durch modularen Aufbau, simultanen Betrieb in unterschiedlichen Betriebsmodi und Frequenzen, genauere radiometrische Kalibrierung (besser als 1 dB), höhere Auflösung ( $< 0,5$  m) und Datenrate (320 Mbyte/s) sowie durch die Verwendung eines erweiterten CAN-Bus zur Echtzeit-Steuerung des gesamten Radarsystems. Durch das modulare Konzept wird die Implementierung von neuartigen Betriebsmodi wie die polarimetrische SAR-Interferometrie in einer Einpass-Konfiguration möglich (derzeit nur durch zwei Überflüge zu realisieren). Ein Echtzeit-Navigationssystem wird die Einhaltung des nominellen Flugwegs auf 2 bis 5 Meter sicherstellen.

Zur Entwicklung eines marktgerechten Endproduktes bilden wissenschaftliche Kooperationen ein vielfältiges und internationales Forum sowohl im DLR, in Deutschland (Industrie, z.B. InfoTerra im Rahmen von ProSmart, MPI und Universitäten) als auch in Europa (TNO, FOI, JRC, CESBIO/CNES, ONERA, ESA/ESTEC, InfoTerra UK, QinetiQ, Universität von Rennes) und in Übersee (ISRO/SAC-Indien, Naval Research Lab, MIT, NASA/JPL, INPE-Brasilien).

## 3. DLR *Center of Excellence* auf dem SAR-Gebiet (HR, DFD und IMF)

Das SAR *Center of Excellence* des DLR ist mit seinem Systemwissen von der Entwicklung von Radar-Systemen und entsprechenden Prozessoren bis hin zur vollautomatischen Erstellung flächendeckender digitaler Höhenmodelle mit Verfahren der Radar-Interferometrie und weiterer SAR-Produkte international führend. Vergleichbare Kompetenz existiert bei der NASA. Die beteiligten DLR-Institute ergänzen sich durch eine Abdeckung aller Bereiche von der Sensortechnik und Missionsauslegung über die hochgenaue operationelle Prozessierung bis hin zu den veredelten Nutzerprodukten. Durch die langjährige Kontinuität der Aufgabenstellung fließen die bei Planung und Durchführung von Weltraummissionen gewonnenen Erfahrungen unmittelbar in die Konzeption von Nachfolgemissionen ein. Die Mitwirkung von DLR-Wissenschaftlern bei der Auslegung der Radarsensoren für die ESA-Missionen ERS-1/2 und ENVISAT/ASAR und vor allem die Planung und erfolgreiche Durchführung der nationalen X-SAR-Missionen und SRTM waren in technischer und wissenschaftlicher Hinsicht die Meilensteine für den Erwerb der fachlichen Kompetenz auf dem SAR-Gebiet.

Innerhalb der Aktivitäten als *Center of Excellence* weitet das HR-Institut seine Expertise auf den Gebieten der Polarimetrischen SAR-Interferometrie sowie von innovativen SAR-Konzepten aus.

### 3.1 Polarimetrische SAR-Interferometrie

Die Entwicklung von neuen Modell-Verfahren eröffnete neue Dimensionen zur Informationsextraktion aus den polarimetrischen SAR-Daten. Ein weiterer Schritt zum breiteren Anwendungsspektrum stellte die Kombination von SAR-Polarimetrie mit SAR-Interferometrie zur polarimetrischen SAR-Interferometrie dar. Der weltweit erste Nachweis wurde im Jahre 1997 mit Daten der SIR-C-Mission erbracht und führte inzwischen zu einer wissenschaftlich international anerkannt führenden Position des Instituts HR in dieser Technik. Sie ermöglicht die Bestimmung der Phasenzentren der Radarrückstreuung in verschiedenen Höhen innerhalb einer Auflösungszelle, womit bereits erfolgreich Baumhöhen und die unter dem Wald bestehende

Topographie vermessen wurde. Zukünftig sollen mit dieser Technik vertikale Strukturen und Bodenparameter, wie Bodenfeuchte, genauer untersucht werden. Zur Zeit ist weltweit nur das flugzeuggetragene E-SAR-System des DLR in der Lage, polarimetrische und interferometrische Daten in der benötigten Qualität zu liefern. Die Kalibrierung und Prozessierung dieser Daten sind dabei wesentliche Aktivitäten. Nicht nur die Entwicklung von neuen Produkten, sondern auch ihr Marktfähigkeit sollen künftig in Kooperation mit der Industrie getestet werden.

### 3.2 Innovative SAR-Konzepte

Eine Herausforderung für die Zukunft liegt in der Entwicklung von kostengünstigen SAR-Instrumenten auf Satelliten oder hochfliegenden Flugzeugen mit innovativen Konzepten und Technologien. Voruntersuchungen haben die Attraktivität des Aufbaus von multi-statischen SAR-Satellitenkonfigurationen mit getrennten Sendern und Empfängern aufgezeigt. So kann mit mehreren kleinen, kostengünstigen Satelliten sehr effizient Erdbeobachtung betrieben werden. Für die sogenannte *Cartwheel*-Konfiguration wurde zusammen mit der CNES ein Entwurf ausgearbeitet und dessen Leistungsfähigkeit ermittelt. Weitere vielversprechende Konzepte und die nötigen neuen Technologien werden nun im Detail studiert und auf ihre Realisierbarkeit geprüft. Dazu werden auch bi-statische Radarexperimente mit Flugzeugen des DLR und der ONERA durchgeführt und ausgewertet. Auch im Rahmen einer Kooperation mit Brasilien (INPE, Sao Jose dos Campos) werden neue Konzepte für einen vollpolarimetrischen SAR-Satelliten in L- und C-Band untersucht, die es ermöglichen, Gewicht und Kosten wesentlich zu reduzieren.

## 4. Neue Organisation des Instituts

Die vorliegende neue Organisation des HR-Instituts ist das Ergebnis von 5 Monaten intensiver Gespräche mit dem Führungskreis sowie mit diversen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen im Institut. Während einer Klausur im Oktober 2001 mit Beteiligung von Institutsleitung, Abteilungsleiter, Gruppenleiter und Institutsrat wurden die Themen Strategie, fachliche Ausrichtung, effektivere Zusammenarbeit im Institut und interne Struktur intensiv diskutiert. Die Institutsleitung hat aus den Ergebnissen der Klausur und den Gesprächen mit Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen eine neue Organisation für das Institut etabliert. Bei der Umstrukturierung wurde eine Fokussierung der Aktivitäten in den jeweiligen Abteilungen erzielt (siehe Tabelle 1).

Abteilung	Leitung	Schwerpunkt
SAR-Technologie	A. Moreira	Flugzeug-SAR (Technologie, Entwicklung, Betrieb und Prozessierung)
Mikrowellensysteme	D. Hounam	Hochfrequenzphysik, Kalibrierung und HF-Mechanik-Labor
Satelliten-SAR-Systeme	M. Werner	Satelliten-SAR (Konzept, Technologie und Missionsdurchführung)
Aufklärung und Sicherheit	H. Süß	sicherheitsrelevante Fernerkundung mit aktiven und passiven Mikrowellensystemen

Tabelle 1 - Abteilungsbezeichnung und Schwerpunkt

In folgenden Textabschnitten werden Aufgaben, Fachgruppen und Projekte der einzelnen Abteilungen beschrieben. Bild 1 zeigt das Organigramm des Instituts mit den jeweiligen Abteilungen und Fachgruppen.

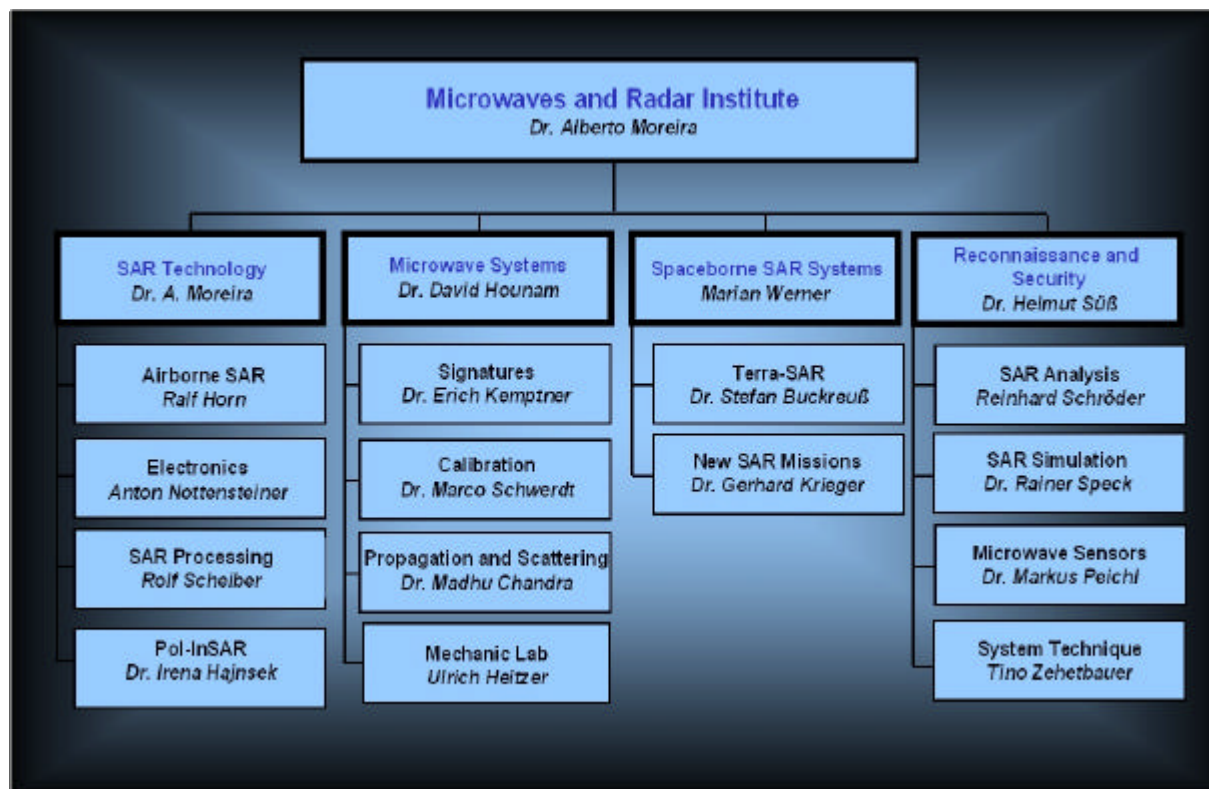


Fig. 1 - Organigramm des Instituts für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme

#### 4.1 Abteilung SAR-Technologie (Alberto Moreira)

In der Abteilung SAR-Technologie wird an der Entwicklung von Verfahren und Techniken für flugzeuggetragene SAR-Systeme gearbeitet. SAR-Datenprodukte werden im Auftrag erzeugt und an externe Einrichtungen und Firmen geliefert. Ebenso werden im Auftrag wissenschaftliche Studien für renommierte Institutionen durchgeführt. Mit wichtigen europäischen Partnern in Forschung und Industrie wird kooperiert.

Für die wissenschaftlichen Aufgaben und die Weiterentwicklung von SAR-Techniken spielt das flugzeuggetragene, experimentelle SAR-System **E-SAR** eine wesentliche Rolle. Dieses System dient zum einen der Erforschung neuer Technologien, neuer Sensorkonzepte und Algorithmen. Zum anderen werden Messkampagnen für Kunden in Europa durchgeführt. An einer Neuentwicklung des flugzeuggetragenen SAR-Systems, entsprechend den gestiegenen Nutzeranforderungen zu einem multifrequenten, polarimetrischen und interferometrischen Messinstrument mit verbesserten Eigenschaften in Bildqualität und Auflösungsvermögen wird derzeit im Rahmen einer Großinvestition gearbeitet. Das System trägt die Bezeichnung **F-SAR 2000**. Der Abschluss der Arbeiten ist für 2006 geplant.

**Mitarbeiter:** 14 Wissenschaftler (davon 2 Gastwissenschaftler, 8 Wissenschaftler, 3 Juwi und 1 Doktorand), 5 Ingenieure, 2 Techniker, 1 Sekretärin und 6 Studenten.

**Ressourcen:** 8,5 UPL's (E-SAR und ProSmart)



**Fachgruppen:** Zur Bearbeitung der Aktivitäten ist die Abteilung in vier Fachgruppen gegliedert, wobei die Fachgruppen gemeinsam über das Know-how der wesentlichen Teile der SAR-Systemkette verfügen. Die Aktivitäten der einzelnen Gruppen sind eng miteinander verknüpft.

- **Flugzeug-SAR (Ralf Horn).** Untersuchung und Etablierung neuer SAR-Technologien und -Konzepte, SAR-Systemauslegung und -Spezifikation, System-Tests, Auftragsakquisition und -management, Messkampagnenvorbereitung und -durchführung, SAR-Antennenentwicklung.
- **Elektronik (Anton Nottensteiner).** Erprobung neuer SAR-Technologien und -Konzepte, Entwicklung von analogen und digitalen Radarsubsystemen, Entwicklung von Subsystemen zur Steuerung eines Radarsystems sowie zur Aufzeichnung von Radardaten, Integration und Systemendtest.
- **SAR-Verarbeitung (Rolf Scheiber).** Entwicklung von neuartigen Algorithmen und Verfahren zur SAR-Signalverarbeitung (*Stripmap*-, ScanSAR- und *Spotlight*-Prozessierung, Interferometrie, Polarimetrie und Tomographie), Modellierung und Simulation von Algorithmen sowie deren Optimierung für eine Echtzeit-Implementierung. SAR-Datenarchivierung.
- **Pol-InSAR (Dr. Irena Hajnsek).** Sensorspezifische Entwicklung von Algorithmen zur Extraktion und Inversion von geo-physikalischen Parametern, insbesondere unter Anwendung der polarimetrischen SAR-Interferometrie.

#### Projekte und Aufträge:

- **F-SAR 2000:** F-SAR 2000 ist ein flugzeuggetragenes, mehrkanaliges polarimetrisches SAR-System. Es misst simultan in min. 2 von 5 Frequenzbereichen (X, C, S, L, P). Daten von erheblich gesteigerter Qualität (Messgenauigkeit, Auflösungsvermögen) werden für die Erzeugung innovativer SAR-Informationsprodukte gewonnen.
- **ProSmart-III (FUGERA):** ProSmart III ist ein Auftrag der Fa. InfoTerra GmbH zur Gewinnung von hochwertigen E-SAR-Messdaten in L- und X-Band für eine spezielle Anwendung im landwirtschaftlichen Bereich. Das Ziel ist es, auf der Basis der E-SAR-Daten ein SAR-Informationsprodukt zu entwickeln, das in einigen Jahren für das System TerraSAR operationell einsetzbar ist.
- **ISOCROP:** Im Rahmen des EU-Projektes „ISOCROP“ arbeitet die Abteilung im Unterauftrag zur Firma Infoterra Ltd. in Großbritannien. Der Auftrag sieht die Gewinnung von E-SAR-Messdaten über zwei Testgebieten in Spanien und Großbritannien vor. Zweck ist die Entwicklung von SAR-Informationsprodukten im Bereich Landwirtschaft in Vorbereitung zu TerraSAR.
- **SEDISAR:** SEDISAR ist ein E-SAR-Messauftrag seitens des Landesamtes für Geologie und Rohstoffe Brandenburg. Als experimentelles Projekt wird es finanziert durch das DLR. Untersucht werden die eiszeitlichen geologischen Strukturen („Torfe und Mudden“) im Oderbruch.
- **POLSAR:** POLSAR ist eine Studie im Auftrag für ESA-ESRIN. Die Abteilung arbeitet in einem Team mit anderen europäischen Gruppen im Unterauftrag zur Technischen Universität in Kopenhagen, Dänemark. Untersucht werden Anwendungen für zukünftige polarimetrische SAR-Satellitensysteme. Der Beitrag der Abteilung liegt im Bereich der polarimetrischen Interferometrie.

- **SPARC:** SPARC ist ein Konsortium europäischer Forschergruppen der Einrichtungen DLR, QinetiQ, CESBIO, ESA-ESTEC, AELC, ONERA, Uni Jena und Uni Rennes. Die Uni Santa Barbara in Californien ist ebenfalls Mitglied. Das Ziel ist die Extraktion von physikalischen Parametern aus komplexen SAR Datensätzen.

**Kooperationen:** InfoTerra, CESBIO, QinetiQ, TU-München, Universitäten Jena, München, Karlsruhe sowie AEL, ONERA, Alcatel, JRC, MDA (McDonald Detweiler)

#### 4.2. Abteilung Mikrowellensysteme (David Hounam)

Die Abteilung Mikrowellen-Systeme bearbeitet grundsätzliche Themen ihres Fachgebiets mit dem Ziel, Qualität, Zuverlässigkeit und Nutzbarkeit zu verbessern. Die Abteilung unterstützt insbesondere die Radarvorhaben des Instituts. Die Forschungsthemen der Abteilung umfassen die Modellierung und Messung der Streueigenschaften von natürlichen und anthropogenen Zielen sowie des Ausbreitungswegs, die Kalibrierung und Validierung von Radarsystemen sowie die Entwicklung von terrestrischen Hilfsmitteln, wie Radar-Transponder. Ein Vorhaben zur großflächigen Erfassung des Straßenverkehrs mittels Radar wird vorbereitet.

Es werden Anlagen zur Messung von Zielen im Modellmaßstab sowie der Stoffkonstanten im Mikrowellenbereich und ein Speziallabor für HF-Mechanik unterhalten. Zur Kalibrierung von SAR-Sensoren werden ein ausgedehntes Kalibrierfeld und ein umfangreicher Gerätepark gepflegt. Zusammen mit dem Institut für Physik der Atmosphäre nutzt man das polarimetrische Wetterradar für Messungen der Atmosphäre.

**Mitarbeiter:** 14 Wissenschaftler (1 Juwi, 3 Doktoranden), 1 Ingenieur, 2 Techniker, 1 Teilzeit-Sekretärin, diverse Diplomanden/Praktikanten

**Ressourcen:** 12 UPL (Schwerpunkt Raumfahrt: Expert Support Lab, ATM-SAT; Schwerpunkt Luftfahrt: Tarnung und Hochagiler Flugkörper)

**Fachgruppen** Zur Bearbeitung der Aktivitäten ist die Abteilung in vier Fachgebiete und ein Speziallabor für HF-Mechanik gegliedert:

- **Ausbreitung und Streuung (Dr. Madhukar Chandra).** Entwicklung von Modellen zur Beschreibung des Ausbreitungswegs und der Streuung, insbesondere für Radarwellen, sowie von Inversionsverfahren zur Gewinnung von physikalischen Parametern. Dabei insbesondere die Erforschung stochastischer, polarimetrischer Streuprozesse. Nutzung der Verfahren zur Messung der atmosphärischen Hydrometeore, z.B. für die Wetterbeobachtung.
- **Radar-Kalibrierung (Dr. Marco Schwerdt).** Entwicklung von Methoden zur Kalibrierung von abbildenden Radarsystemen und Validierung von Radardaten (zum Beispiel für die Projekte X-SAR/SRTM und ENVISAT-ASAR). Betrieb eines Eichfeldes zur Kalibrierung raumgestützter und flugzeuggetragener SAR-Sensoren (einschließlich polarimetrischer und interferometrischer Sensoren). Entwicklung von Analyseverfahren zur Charakterisierung von SAR-Datenprodukten. Entwicklung von terrestrischen Hilfsmitteln für SAR (Transponder-Technologie).
- **Radar-Signaturen (Dr. Erich Kemptner).** Entwicklung von numerischen Simulationsprogrammen (SIGMA, BISTRO) betreffend die mono- und bistatische Streuung hochfrequenter elektromagnetischer Wellen an künstlichen Objekten. Entwicklung analytischer und numerischer Methoden zur Berechnung der Beugung und Ausbreitung elektro-

magnetischer Felder. Bestimmung von Entdeckungswahrscheinlichkeiten von künstlichen Objekten in beliebiger Umgebung (Cluttersimulation von Vegetation, bebautes Gelände, etc.). Betrieb und Weiterentwicklung von Messanlagen zur experimentellen Bestimmung von mono- und bistatischen Streufeldern sowie von Stoffkonstanten von Materialproben.

- **HF-Mechanik-Labor (Ulrich Heitzer).** Entwurf, Konstruktion und Fertigung von Hochfrequenzkomponenten, -Instrumente und -Modelle, u.a. mit CNC-gesteuerten Maschinen. Fertigung von z.T. miniaturisierten Komponenten mit Hilfe der Galvanik und Galvanoplastik.

Das neu zu etablierende Fachgebiet "Radar und Verkehr" wird von **Herrn Karl-Hans Wägel** geleitet. Derzeitige Hauptaufgaben auf diesem Fachgebiet sind: Entwicklung von Konzepten für die großflächige Erfassung des Verkehrs mittels Radar, Demonstration der Verfahren und Vorbereitung zukünftiger operationeller Systeme sowie Entwicklung und Erprobung von *Radar-Tagging-Verfahren* (z.B. Transponder).

**Kooperationen:** Auf dem Gebiet der Radar-Sensorik und Fernerkundung kooperiert die Abteilung mit anderen Instituten und Einrichtungen im DLR, mit Forschungseinrichtungen im In- und Ausland sowie mit Industriefirmen und Universitäten.

#### Projekte und Vorhaben:

- **TMR:** (*Training and Mobility of Researchers*) EU-Netzwerk zur Förderung wissenschaftlichen Nachwuchses auf dem Gebiet der Radarpolarimetrie.
- **Carpe Diem:** (*Critical Assessment of available Radar Precipitation Estimation techniques and Development of Innovative approaches to Environmental Management*) EU-Forschungsnetzwerk zur besseren Erfassung des Niederschlags mittels Radar.
- **SARCON:** (*SAR product CONTROL*) ESA-Projekt zur Entwicklung eines S/W-Pakets für die Analyse der SAR-Datenprodukte, insbesondere für Envisat. Kooperation mit BAE-SYSTEMS, UK.
- **ASAR-Kalibrierung:** Kalibrierung des ASAR-Instruments auf ENVISAT, insbesondere für die ScanSAR-Betriebsart.
- **APO:** (*Antenna Pattern Optimisation*) ESA-Projekt zur Entwicklung eines S/W-Moduls zur Optimierung der Ansteuerung der aktiven ASAR-Antenne (ENVISAT).
- **TerraSAR-Kalibrierung:** Entwicklung eines Konzepts und der Geräte für die interne und externe Kalibrierung des TerraSAR-Instruments sowie Durchführung und Auswertung der Kalibrierung.
- **SAFARI:** (*Strategische Ausrichtung für raumgestützte Radar-Instrumente*) DLR-Studie zur Vorbereitung eines Technologieprogramms für SAR. Kooperation mit Astrium, Deutschland.
- **Hochagiler Flugkörper:** DLR-Vorhaben zur Bestimmung der Transmissionseigenschaften von Radomen für hochagile Flugkörper.
- **Radar-Tarnung:** BWB-Vorhaben zur Bestimmung und Beeinflussung der Signaturen von anthropogenen Zielen.

### 4.3 Abteilung Satelliten-SAR-Systeme (Marian Werner)

Die Abteilung Satelliten-SAR-Systeme entstand aus der Umstrukturierung des Institutes und besteht derzeit noch aus einem kleineren Mitarbeiterstamm. Ihr Hauptziel ist die Erforschung und Entwicklung von satellitengestützten SAR-Systemen zur Bereitstellung multifrequenter, polarimetrischer und interferometrischer Radardaten für hochaufgelöste digitale Höhenmodelle und zur Ableitung von geophysikalischen Parametern.

Als **Vision** stellt man sich ein Netz von autonomen SAR-Sensoren vor, bei denen ein lernfähiges Expertensystem die Sensoreinstellung, Datenverarbeitung und -kompression und Klassifizierung auf adaptive Weise je nach Anwenderanforderung optimal steuert und überwacht.

Die mittelfristigen **Ziele und Schwerpunkte** der Abteilung sind:

- 1) Die fachtechnische Unterstützung des Projekts TerraSAR-X mit dem Teilprojekt Systemtechnik und Kalibrierung. Die wesentlichen Aufgaben dabei sind die
  - SAR Systemanalyse (Performance Control), Sicherstellung der Leistungsfähigkeit und Systemkompatibilität
  - Begleitung der SAR-Systementwicklung bei der Industrie und Abnahme (SAR-Instrument),
  - Konzeption, Spezifikation, Vorbereitung und Durchführung des Radarbetriebs
  - Entwicklung der *Spotlight*-Mode-Prozessierung
  - Unterstützung der Kalibrierung
- 2) Die Analyse und Entwicklung neuer SAR-Systemkonzepte und -Techniken mit der Durchführung von Studien (z.B. SAFARI) und Aufträgen im Zusammenhang mit relevanten Forschungsthemen in der SAR-Technik. Die Herausforderung liegt in der Entwicklung von kostengünstigen Satelliten -SAR-Instrumenten mit innovativen Konzepten und Technologien.
- 3) Die Gewinnung und Auswertung von experimentellen Basisdaten für die Erforschung der multi-statischen Systeme durch ein gemeinsames bi-statisches SAR Experiment mit Flugzeug Radarsystemen des DLR (E-SAR) und der ONERA (RAMSES).
- 4) Die wissenschaftliche und organisatorische Abwicklung des Projekts SRTM mit der Projektleitung und den Aufgaben des Projektwissenschaftlers, der die SRTM-Experimentatoren betreut und deren Ergebnisse zu einem Ergebnisbericht zusammenfasst.

**Mitarbeiter:** (soll) 11 Wissenschaftler (1 Juwi und 1 Doktorand), 1 Sekretärin

**Ressourcen:** 13 UPLs (SRTM, TerraSAR-X und MiniSAR)

**Fachgruppen:** Zur Bearbeitung der Aktivitäten ist die Abteilung in zwei Fachgruppen gegliedert. Die Aktivitäten der einzelnen Gruppen sind eng miteinander vernetzt.

- **Projektgruppe TerraSAR-X (Dr. Stefan Buckreuß).** Die Kompetenz für die fachtechnische Begleitung und Unterstützung der Satellitenmission TerraSAR-X mit einem Start in 2005 wurde durch die Erfahrungen mit den Shuttle sehr erfolgreichen SAR-Missionen X-SAR in 1994 sowie SRTM in 2000 aufgebaut. Die Gruppe bearbeitet spezielle SAR- und systemtechnische Aufgaben und stellt so ein Bindeglied zwischen den Bodensegmenten und dem Raumsegment des Projekts dar.
- **Neue SAR Systeme (Dr. Gerhard Krieger).** Die Erforschung und Konzeption von innovativen SAR-Satelliten und Satellitennetzwerken wird hier im Rahmen von Studien und Konzeptvorschlägen durchgeführt. Die dazu notwendigen Recherchen, Analysen, Experimente und Simulationen erfordern Kreativität, SAR-Kompetenz und die Erstellung neuer Software-Werkzeuge. Der technologische Fortschritt in der Elektronik und Computertechnik ermöglicht die Entwicklung neuer oder bisher als undurchführbar bezeichneter Konzepte.

**Kooperationen:** Im Rahmen dieser Schwerpunkte beteiligt sich die Abteilung Satelliten SAR-Systeme an Aufträgen und Kooperationen mit renommierten Institutionen und Firmen. Hierzu gehören Astrium in Friedrichshafen, ONERA und CNES in Frankreich, NASA/JPL in USA, ASI in Italien, CONAE in Argentinien, INPE in Brasilien u.a.

#### 4.4 Abteilung Aufklärung und Sicherheitssysteme (Helmut Süß)

Die Abteilung Aufklärung und Sicherheit bearbeitet ausschließlich Themen im Geschäftsbereich **Fernerkundung und Aufklärung** und ist im Rahmen der Grund- und Sonderfinanzierung des BMVg an allen wichtigen nationalen und internationalen BMVg-Programmen aktiv beteiligt. Das Hauptgewicht der Arbeiten liegt dabei auf:

- Entwicklung und Realisierung der notwendigen Entwurfs-, Analyse- und Simulationswerkzeuge für raumgestützte SAR-Systeme mit höchster räumlicher und radiometrischer Auflösung einschließlich der notwendigen Signalverarbeitungsverfahren,
- Aufbau von bodengebundenen SAR-Experimentalsystemen mit höchster räumlicher und radiometrischer Auflösung,
- Aufbau von vollpolarimetrischen Mikrowellenradiometern nach dem Prinzip der Apertursynthese,
- Beratung des BMVg/BWB bei Problemen der raum- und luftgestützten Aufklärung,
- Teilnahme an den vom BMVg geförderten Technologieprogrammen RTO, EUCLID und THALES sowie an MOUs und DEAs.

**Mitarbeiter:** 16 Wissenschaftler, 1 Programmierer, 2 Technikern, 3 Doktoranden, 2 Diplomanden, 1 Sekretärin

**Ressourcen:** 16 UPLs aus der BMVg-Grundfinanzierung (RSE)

**Fachgruppen:** Die Abteilung ist in vier Gruppen gegliedert und bearbeitet folgende Themen:

- **Systemtechnik (Tino Zehetbauer):** Entwicklung von Tools zur Durchführung von Überdeckungsanalysen und Systemantwortzeiten, Entwicklung eines Missions- und Satellitensimulators zur Untersuchung und Entwurf von nutzerspezifischen, kostengünstigen Aufklärungssatelliten; Interface- und Akkommodationsanalysen zwischen Träger, Plattform und Nutzlast; Analyse von Satellitensubsystemen.
- **SAR-Analysen (Reinhard Schröder):** Entwicklung von numerischen Verfahren für Entwurf und Analyse von neuartigen SAR-Sonderbetriebsarten *Scan-*, *Looksteering-* und *Spotlight-* Mode sowie für bi- und multi-statische und interferometrische SAR-Sensoren. Validierung der Algorithmen und Ergebnisse. Realisierung und Erprobung von Verfahren zur Super-Auflösung.
- **SAR-Simulationen (Dr. Rainer Speck):** Konzeption, Entwicklung und Realisierung eines komplexen End-to-End-Simulators für Analyse und Optimierung von höchstaflösenden SAR-Systemen mit variabler Abbildungsgeometrie auf raum- und luftgestützten Plattformen. Der Simulator besteht aus den Einzelkomponenten: Target (Einzelziele, *High Value Targets* und Zielhintergrund), Antennen, Sende- und Empfangszweig, Orbit, Rohdatengenerierung, Prozessoren für *Stripmap-* und *Spotlight-* Mode, Datenanalyse, Parameterablaufgenerator, *Target-*, *Ambiguity-* und Missionseditor.

- **Mikrowellensensorik (Dr. Markus Peichl):** Entwurf und Realisierung von höchstauflösenden Radarsystemen zur Vermessung von Zielsignaturen im *Stripmap*- und *Spotlight*-Mode zur Erzeugung von SAR-Rohdaten für den Simulator (Großinvestition MobiSAR). Aufbau von höchstauflösenden, vollpolarimetrischen Radiometersystemen nach dem Prinzip der Apertursynthese. Entwicklung und Erprobung von Verfahren zur Rückfaltung der Antennencharakteristik. Entwicklung eines Multisensorsystems zur Minendetektion. Durchführung von Signaturmesskampagnen.

**Projekte und Aufträge:** In der Abteilung werden derzeit folgende Drittmittelaufträge behandelt: SETES (SAR End-to-End-Simulator, BWB), HOPE (handgetragenes Minendetektions-system, EU), SMART (Detektion von Minenfeldern), SAR-Lupe (Aufklärungssatellit), DLR Projekt: Sicherheitsrelevante Erdbeobachtung (RSE).

**Lehrauftrag:** Vorlesung an der Universität der Bundeswehr: Radar- und Lasermethoden; Vorlesung an Universität Karlsruhe: Mikrowellenradiometrie-Grundlagen und zukünftige Anwendungsmöglichkeiten.

**Kooperationen :**

- Institute: FGAN, FhG, Uni Karlsruhe, Uni Bochum, Uni BW, ONERA, QinetiQ, RMA, TNO, EU/JRC, WEU-SC, JPL, ARL
- Industrie: EADS, Astrium, RST, Vallon, Diehl, OHB

## 5. Ziele/Meilensteine

Wesentliche Ziele und Meilensteine der Hauptaufgaben im Institut für die mittelfristige Planung sind:

### 2002:

- Kalibrierung des ENVISAT/ASAR-Instruments in ScanSAR-Modus und Bereitstellung der SARCON-Software zur ASAR-Produktvalidierung
- Verifikation der Spezifikationen des TerraSAR-X-Instruments sowie technische Unterstützung bei der *Critical Design Review*
- Unterstützungsleistung bei *Preliminary Design Review* und *Critical Design Review* SAR-Lupe

### 2003:

- Durchführung eines bi-statischen Flugzeug-SAR-Experiments mit dem E-SAR-System vom DLR und RAMSES von ONERA sowie Auswertung der Daten
- Durchführung eines Flugexperiments mit dem E-SAR-System zur Demonstration der Verkehrsüberwachung mit Synthetik Apertur Radar.
- Abschluss der Phase B des SMOS-Projekts (*Soil Moisture and Ocean Salinity*)
- Abschluss des EU-Projektes SMART (*Satellite and Airborne Mined Area Reduction Tool*)

### 2004:

- Unterstützung bei der Abnahme des ersten SAR-Lupe-Satelliten
- Subsystem-Abnahme des TerraSAR-Instruments
- Evaluierung der technologischen Anforderungen an eine weltraumgestützte SAR-Mission auf der Basis eines innovativen Konzepts mit Kleinsatelliten und Durchführung der Phase-A-Studie

### 2005:

- *Flight Acceptance Review* von TerraSAR-X sowie *Operation Readyness Review*
- Start der TerraSAR-X Mission
- externe und interne Kalibrierung von TerraSAR in der *Commissioning* Phase (2006),
- Unterstützung bei der Abnahme der weiteren SAR-Lupe-Satelliten

### 2006:

- Fertigstellung und Inbetriebnahme des neuen Flugzeug-SAR-Systems F-SAR (2006).
- Demonstration der polarimetrischen SAR-Interferometrie zur Bestimmung von Waldparametern und oberflächennaher Bodenfeuchte auf regionaler Basis
- Fertigstellung und Erprobung eines luftgestützten Gerät-Prototypen mit einem innovativen Radarkonzept zur Verkehrsüberwachung von Großereignissen (z.B. bei der Fußballweltmeisterschaft).
- Unterstützung bei der Abnahme der weiteren SAR-Lupe-Satelliten

## 6. Vision

In einer sich rasch ändernden Umwelt werden Informationen benötigt, die schnell, präzise, flächendeckend und kontinuierlich abrufbar sind. Die Bereitstellung solcher Informationen erfordert ein weitreichendes und stabiles Informationsnetz, das mit Hilfe des Zusammenschlusses von Fernerkundung, Kommunikation und Navigation realisiert werden kann.

Die Triade **Fernerkundung, Kommunikation und Navigation** (EO/NAV/COM) gewinnt immer mehr an Bedeutung und spielt bereits heute eine signifikante Rolle in einigen wirtschaftlichen Zweigen. Ein Beispiel dafür ist das sogenannte *Precision-Farming*-Konzept.

Das Zusammenwirken einzelner Wissenschaften in der Triade EO/NAV/COM ist eine entscheidende Voraussetzung für die Realisierung der Vision. Mit dem Aufbau eines Netzwerkes von Fernerkundungssatelliten kann eine hochauflösende, kontinuierliche und flächendeckende Abbildung der Erdoberfläche zur Erfassung und Überwachung von aktuellen Ereignissen ermöglicht werden. Die Satellitenplattform wird in symbiotischer Weise EO/NAV/COM-Anwendungen unterstützen, so dass jeder Anwender die geforderte Information zu jedem Zeitpunkt am gewünschten Ort erhalten kann. Dadurch wird ein wichtiger Beitrag zur schnellen Informationsverbreitung geleistet, die zu einer Erhöhung der Sicherheit und damit auch zu einer Verbesserung der Lebensqualität führt. Darüber hinaus tragen die Informationen zu Verständnis und Erhalt unserer Umwelt bei, deren Nachhaltigkeit auch für weitere Generationen gewährleistet sein sollte. Das DLR als Großforschungseinrichtung besitzt mit seinen Instituten und Kooperationspartnern alle Voraussetzungen, um diese Zukunftsvision entscheidend zu gestalten.

Das HR-Institut wird die Gestaltung dieser Vision mit ihrer Kompetenz auf den Gebieten der Hochfrequenztechnik und der Radarsysteme mit Beiträgen zu innovativen Systemen neuer Technologien unterstützen.



## 7. Zehn Ausgewählte Veröffentlichungen (Zeitraum 1996-2001)

- [1] - Papathanassiou, Konstantinos und S. Cloude: Polarimetric SAR Interferometrie. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 36, No 5. September 1998 **Best Paper Award IGARSS 97**
- [2] - Peichl, Markus; Helmut Süß, Martin Süß, und Stefan Kern: Microwave Imaging of the Brightness Temperature Distribution of Extended Target in the Near and Far Field using Two-dimensional Aperture Synthesis with High Spatial Resolution. Radio Science, Vol. 33, No. 3, S. 781-801, Mai-Juni 1998
- [3] - Moreira, Alberto; Josef Mittermayer und Rolf Scheiber: Extended Chirp Scaling Algorithm for Airborne and Spaceborne SAR Data Processing in Stripmap and ScanSAR Imaging Modes. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 34, No. 5, S. 1123-1136, September 1996. **IEEE-GRSS Best Paper Award 1997**
- [4] - Gierull, Christoph: A Fast Subspace Estimation Method for Adaptive Beamforming Based on Covariance Matrix Transformation. AEÜ International Journal of Communications, Vol. 51, No. 4, 1997, S. 196-205. **ITG-Preis 98**
- [5] - Keydel, Wolfgang; Helmut Süß; Karl-Heinz Zeller und Reinhard Schröder: Flugzeug- oder weltraumflugkörpergetragenes Radarsystem mit synthetischer Antennenapertur, Deutsche Patentanmeldung DE 199 38 592.0-35, 18.08.1999
- [6] - Mittermayer, Josef et al.: Spotlight SAR Data Processing Using the Frequency Scaling Algorithm. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 37, No. 5, 1999, S. 2198-2214, **DLR-Wissenschaftspreis 1999**
- [7] - Reigber, A. und A. Moreira: First Demonstration of Airborne SAR Tomography Using Multibaseline L-Band Data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 38, No. 5, 2000, S. 2142-2152, **IEEE-GRSS Best Paper Award 2001**
- [8] - Hounam, D. und K.H. Wägel.: A Technique for the Identification and Localization of SAR Targets using Encoding Transponders. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 39, No. 1, 2001, S. 3-7
- [9] - Werner, M.: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): Mission Overview. Journal of Telecommunication (Frequenz), Vol. 55, No.3-4, 2001, S. 75-79
- [10]- Moreira; A., Josef Mittermayer und Gerhard Krieger: Satellitenkonfiguration zur interferometrischen und/oder tomografischen Abbildung der Erdoberfläche mittels Radar mit synthetischer Apertur. Deutsche Patentanmeldung, DE 101 32 723.4, 05.07.2001

## 8. Preise und Auszeichnungen (1995 - 2001)

Moreira, Alberto	<b>DLR-Wissenschaftspreis 1995</b> für die Arbeit: " <i>Suppressing the Azimuth Ambiguities in Synthetic Aperture Radar Images</i> ", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1995
Moreira, Alberto; Josef Mittermayer und Rolf Scheiber	<b>IEEE-GRSS Best Paper Award 1997</b> für die Arbeit: Extended Chirp Scaling Algorithm for Airborne and Spaceborne SAR Data Processing in Stripmap and ScanSAR Imaging Modes. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 34, No. 5, S. 1123-1136, September 1996
Papathanassiou, Konstantinos und Shane Cloude	<b>Best Paper Award IGARSS 97</b> für die Arbeit: Polarimetric SAR Interferometrie. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 36, No 5. September 1998
Wolfgang Keydel	<b>IEEE Outstanding Service Award</b> , Geoscience and Remote Sensing Society, 1998
Gierull, Christoph	<b>ITG-Preis 98</b> für die Arbeit: A Fast Subspace Estimation Method for Adaptive Beamforming Based on Covariance Matrix Transformation. AEÜ International Journal of Communications, Vol. 51, No. 4, 1997, S. 196-205
HR-Institut	<b>DLR-Anerkennung als <i>Center of Excellence</i> auf dem SAR-Gebiet.</b> Beteiligte Einrichtungen: Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, Institut für Methodik der Fernerkundung und Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum, 1999
Moreira, Alberto	<b>Fred Nathanson Memorial Award (Young Radar Engineer of the Year)</b> , IEEE Aerospace and Electronics System Society, Radar System Panel, Zitat: " <i>for the Advancement of high resolution Synthetic Aperture Radars and Associated Image Processing</i> ", 1999
Mittermayer, Josef	<b>DLR Wissenschaftspreis 2001</b> für die Arbeit: Spotlight SAR Data Processing Using the Frequency Scaling Algorithm. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 37, No. 5, 1999, S. 2198-2214
Reigber, A. und A. Moreira	<b>IEEE-GRSS Prize Paper Award 2001</b> für die Arbeit: First Demonstration of Airborne SAR Tomography Using Multibaseline L-Band Data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 38, No. 5, 2000, S. 2142-2152
Andreas Reigber	<b>Best Student Paper Award</b> für die Arbeit: <i>SAR Tomography and Interferometry for the Remote Sensing of Forested Terrain</i> ", 3 <sup>rd</sup> European Conference on Synthetic Aperture Radar, EUSAR, Mai 2000
Wolfgang Keydel	<b>IEEE Distinguished Achievement Award</b> , Geoscience and Remote Sensing Society, 2001
Marian Werner	<b>Wernher-von-Braun-Preis der DGLR</b> an das Team der Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), April 2002

## 9. Kontakt

Bitte leiten Sie Ihre Anfrage weiter an:

Prof. Dr.-Ing. habil. Alberto Moreira  
Institutsdirektor  
Sekretariat: Fr. Renate Weist  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme  
Postfach 1116  
82230 Weßling

Tel./Fax: + 49 8153 28 2305 / 2306

E-Mail: [alberto.moreira@dlr.de](mailto:alberto.moreira@dlr.de)

Web: [www.dlr.de/HR](http://www.dlr.de/HR)