

# Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme

Forschung und Aufgaben



**DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

**Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme**

**Direktor** Prof. Dr.-Ing. habil. Alberto Moreira

**Adresse** Oberpfaffenhofen  
82234 Weßling  
[www.dlr.de/HR](http://www.dlr.de/HR)

**Druck** Digital- & Offsetdruck Wolfertstetter KG, Gilching  
Januar 2014

**Umschlagbild** TanDEM-X (TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurement)

Abdruck (auch von Teilen) oder sonstige Verwendung  
nur nach vorheriger Absprache mit dem DLR gestattet.

# Institutsprofil

Das Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme entwickelt innovative Sensoren, Algorithmen und Anwendungen für die boden-, flugzeug- und satellitengestützte Mikrowellen-Fernerkundung. Mit seiner führenden Expertise und System-Know-how über Radar mit synthetischer Apertur (SAR - Synthetic Aperture Radar) liegt der Schwerpunkt seiner Forschung in der Konzeption und Entwicklung neuer SAR-Techniken und -Systeme sowie der damit verbundenen sensorspezifischen Anwendungen. Das Institut belegt eine international anerkannte Spitzenposition in der Radarfernerkundung und ist maßgeblich an der Planung und Durchführung von nationalen und internationalen Raumfahrt-Projekten und -Programmen beteiligt. Im Rahmen des deutschen Raumfahrtprogramms arbeitet das Institut eng zusammen mit dem deutschen Raumfahrt-Management des DLR in Bonn, der europäischen Raumfahrtagentur ESA, der deutschen Industrie und den verantwortlichen Ministerien. Das Ausbilden junger Wissenschaftler in Form von Praktika, Diplom- oder Doktorarbeiten ist ein wichtiger Bestandteil der Aufgaben des Instituts.

## Forschung und Projekte

In den letzten fünf Jahren hat das Institut aktiv an verschiedenen Satelliten-SAR-Missionen und Forschungsprogrammen teilgenommen, die Grundlage für seine langfristige strategische Ausrichtung sind. Beispiele hierfür sind die Raumfahrtprojekte TerraSAR-X, TanDEM-X und SAR-Lupe sowie das neue flugzeuggetragene Radarsystem F-SAR.

Das Institut arbeitet auch an zukünftigen Fernerkundungs- und Aufklärungssystemen wie Sentinel-1 (Copernicus-Programm der ESA/EU), TerraSAR-NG (Nachfolge zu TerraSAR-X), HRWS (X-Band-SAR der nächsten Generation mit hochauflösender Bildgebung bei gleichzeitig breiter Abdeckung am Boden), Tandem-L (Vorschlag für eine innovative L-Band-Mission), BIOMASS (ESA Earth Explorer Mission), VABENE (DLR-Verkehrsprojekt) sowie am SARah (SAR-Lupe-Nachfolgeprogramm).

Diese Projekte werden durch Forschungsarbeiten flankiert, um den Schritt voraus zur Entwicklung neuer Forschungsaufgaben zu bewahren. Beispiele hierfür sind bistatische und multistatische SAR-Systeme, polarimetrische SAR-Interferometrie und -Tomographie, Kalibrierung von Radarsystemen auf Satelliten, Radarsignaturen, Antennen sowie radiometrische Abbildungsverfahren.

## Organisation

Das Institut ist aufgeteilt in vier Abteilungen und beschäftigt derzeit mehr als 140 Mitarbeiter, darunter Wissenschaftler, Ingenieure, Techniker und Angestellte sowie Doktoranden, Studenten und Gastwissenschaftler.

Drei Abteilungen des Instituts arbeiten auf dem Gebiet der Erdbeobachtung und eine arbeitet an Themen im Rahmen der Aufklärung und Sicherheit. Die Abteilung SAR-Technologie betreibt die Entwicklung des flugzeuggetragenen F-SAR und beteiligt sich mit Befliegungskampagnen an raumgestützten SAR-Projekten, um neue Datenprodukte zu simulieren und zu validieren und neue Techniken zu demonstrieren. Die Abteilungen Satelliten-SAR-Systeme und Radarkonzepte arbeiten an der Konzeption neuer raumgestützter SAR-Missionen und entwickeln neue Sensorkonzepte und -techniken für zukünftige Radarsysteme. Die Abteilung Satelliten-SAR-Systeme ist verantwortlich für den Betrieb der Radarinstrumente auf TerraSAR-X und TanDEM-X und stellt den Missionsmanager. Die Abteilung Radarkonzepte beteiligt sich an der Entwicklung neuer sensornaher Anwendungen. Projekte und Aktivitäten mit Bezug zu raumgestützter sicherheitsrelevanter Erdbeobachtung mit SAR sind in der Abteilung Aufklärung und Sicherheit konzentriert. Ebenso befindet sich die Expertise im Bereich passiver Mikrowellensysteme in dieser Abteilung, da gegenwärtig die meisten Projekte mit Bezug zu passiven Mikrowellensystemen auf Sicherheitsanwendungen basieren.



Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme



TechLab: Das neue Gebäude für die Hightech-Entwicklung von hochfrequenztechnischen Sensorsystemen



Die Nahfeld-Antennenmesskammer Compact Test Range

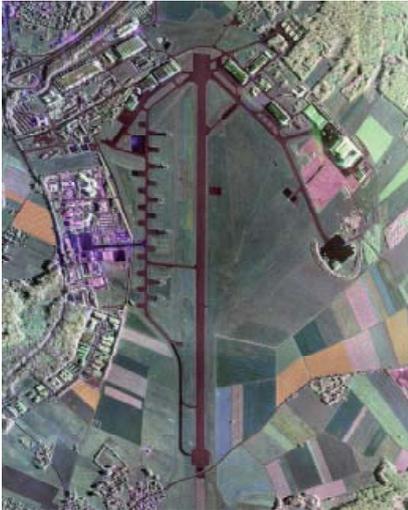


F-SAR: Das neue luftgestützte SAR-System des DLR

## Expertise und Anlagen

Mit der Kontinuität erfolgreicher Forschung auf dem Gebiet der SAR-Technologie seit nunmehr über 35 Jahren war es möglich, die bei der Planung und Umsetzung internationaler Raumfahrtmissionen gewonnenen Erfahrungen in einem nationalen SAR-Programm zu bündeln. Das Institut hat sich mit seiner Fachkompetenz über das komplette End-to-End-System-Wissen zu einer der international führenden SAR-Forschungseinrichtungen entwickelt und wird heute als ein führendes Kompetenzzentrum für SAR-Systeme und -Missionen anerkannt.

Das Institut betreibt eine Reihe von Großanlagen zur Entwicklung der Mikrowellensensorik und damit einhergehender Technologien. **Das luftgestützte SAR-System (F-SAR)** ist ein hochauflösendes, vollpolarimetrisches Flugzeug-SAR-System. Es ist eine komplette Neuentwicklung unter Verwendung neuester Hardware-Technologien und kommerzieller Standardkomponenten und ersetzt das Vorgängersystem E-SAR des DLR. F-SAR wird ebenfalls auf einer Dornier DO228-212 geflogen. Es ist ein modular aufgebautes System und arbeitet in den Frequenzbändern P-, L-, S-, C- und X-Band. Neben einem vollpolarimetrischen Betrieb bei allen Frequenzen ist der gleichzeitige Betrieb bei bis zu 4 Frequenzen mit einem Datenfluss von bis zu 1 Gbit/s pro Kanal möglich. Abhängig vom gewählten Frequenzband und den gestellten Anforderungen variiert die erreichbare geometrische Auflösung des Systems von 4 m bis unter 25 cm. F-SAR kann komplett umkonfiguriert werden und es beherrscht innovative Betriebsmoden wie z.B. die empfangsseitige digitale Strahlformung für zukünftige Systemerweiterungen.



Polarimetrisches Radarbild der Landebahn und des DLR-Zentrums in Oberpfaffenhofen. Aufgenommen mit dem F-SAR-System, X-Band, 25 cm Auflösung.

Dieses System leistet wichtige Beiträge zur Demonstration neuester Techniken, Anwendungen und Entwicklungen von Informationsprodukten aus SAR-Daten sowie zur Durchführung vorbereitender Experimente für künftige Satelliten-SAR-Systeme.

**Das TechLab** ist ein Zentrum für die Entwicklung von Spitzentechnologie auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik mit Laboreinrichtungen und Messanlagen, die von etwa 30 Mitarbeitern betrieben werden. Die größte Anlage ist die Nahfeld-Antennenmesskammer **Compact Test Range** für eine hochgenaue Vermessung von Antennen sowie für Messungen von Radarrückstreuquerschnitten. Weitere Messanlagen sind die Signatur-Messkammer, in der mono- und bistatische Messungen der Radarsignaturen von Objekten im verkleinerten Maßstab durchgeführt werden, eine Messkammer zur Messung von dielektrischen Eigenschaften von Materialproben sowie ein Bereich von Bodenausrüstungen für die Kalibrierung von Satelliten-SAR-Systemen. Weiterhin befinden sich im TechLab verschiedene Forschungslabore, die speziell für Entwicklung, Optimierung, Integration, Tests und Kalibrierung von Radar- und Radiometersystemen ausgerüstet sind.

Das Institut betreibt auch ein **Mechanik-Labor**, in dem hochfrequenztechnische Komponenten, Instrumente und Modelle entworfen und mittels **CNC-Maschinen** (Computerized Numerical Control) hoch-präzise gefertigt werden. Das Mechanik-Labor stellt auch miniaturisierte und komplex geformte Komponenten mit veredelten Oberflächen mit Hilfe von Galvanoplast- und Galvanikverfahren her. Es unterstützt die Wissenschaftler und Entwickler bei den Anforderungen und Entwürfen von hochfrequenztechnischen Instrumenten und experimentellen Vorrichtungen.

# Radar mit synthetischer Apertur (SAR)

Radare mit synthetischer Apertur (SAR) liefern einzigartige und unentbehrliche Informationen für die Erdbeobachtung, denn SAR-Satelliten sind als einzige in der Lage, jederzeit wetter- und tageszeitunabhängige Bilder mit hoher Auflösung bereitzustellen. Deshalb ist SAR für eine Vielzahl von Anwendungen von großer Bedeutung, wie z.B. bei der Umweltüberwachung, bei der Bestimmung von bio-/geophysikalischen Parametern von Landoberflächen, Vegetation, Wasser, Schnee und Eis, bei der Überwachung von Katastrophen sowie auch für Aufgaben im Bereich Aufklärung und Sicherheit. Weitere Anwendungen ergeben sich durch fortgeschrittene Aufnahmetechniken wie Mehrpass-Interferometrie (z.B. millimetergenaue Vermessung von Deformationen der Erdoberfläche), Einpass-Interferometrie (z.B. Erstellung eines digitalen Höhenmodells), Along-Track-Interferometrie (z.B. Vermessung von Meeresströmungen), Polarimetrie (z.B. Bestimmung der Bodenfeuchte), Polarimetrische SAR-Interferometrie (z.B. Bestimmung von Waldhöhen und Biomasse) und SAR-Tomographie (z.B. Auflösung der vertikalen Struktur von Wäldern).

Inzwischen wurde eine neue Ära von weltraumgestützten SAR-Systemen eingeleitet. Satelliten wie TerraSAR-X, TanDEM-X, Radarsat-2 und COSMO-SkyMed liefern Radarbilder mit einer Auflösung, die um mehr als eine Größenordnung besser sind als bei früheren Systemen. Auch im Hinblick auf Flexibilität der Aufnahmetechniken und interferometrischen Modi übertreffen sie ihre Vorgänger bei weitem.

## Das deutsche Radar-Raumfahrtprogramm

Deutschland konzentriert seine Aktivitäten im nationalen Radar-Raumfahrtprogramm auf X-Band-SAR-Instrumente. Das erste weltraumgestützte X-Band-SAR war das MRSE (Microwave Remote Sensing Experiment), das im Jahre 1983 auf der Space Shuttle Mission Spacelab-1 eingesetzt wurde. Das zweite X-Band-SAR wurde 1994 auf den Shuttle-Missionen SIR-C/X-SAR geflogen.

Im Jahre 2000 folgte dann die Shuttle Radar Topography Mission (SRTM/ X-SAR). Der nächste wichtige Schritt wurde 2001 mit der Entscheidung eingeleitet, einen ersten eigenen nationalen Radarsatelliten zu bauen. TerraSAR-X wurde 2007 gestartet und liefert seitdem hochpräzise Bilder mit einer Auflösung von bis zu 1 m.

Der Nachfolger TanDEM-X, eine modifizierte Version von TerraSAR-X, fliegt seit 2010 im engen Formationsflug mit seinem Zwilling. Mittels bistatischer Interferometrie wird ein digitales Höhenmodell der gesamten Erdoberfläche mit einer Höhenauflösung von unter 2 m erhoben. Des Weiteren ist im deutschen Radarprogramm der Start eines X-Band-SAR der nächsten Generation (HRWS) zum Ende dieses Jahrzehnts vorgesehen. Mittels innovativer Digital-Beamforming-Technologie wird dieses Instrument erstmals die Aufnahme breiter Streifen bei gleichzeitig hoher Auflösung ermöglichen.

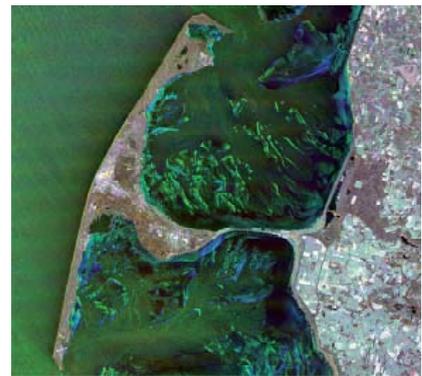
## Projekte

### TerraSAR-X

Am 15. Juni 2007 wurde Deutschlands erster operationeller Radarsatellit, TerraSAR-X, in seine Umlaufbahn gebracht. Die Mission wurde im Rahmen einer öffentlich-privaten Partnerschaft zwischen dem DLR und der EADS Astrium GmbH verwirklicht – EADS Astrium entwickelte und baute den Satelliten – vier DLR-Institute entwickelten das Bodensegment und betreiben die Mission.



Der TerraSAR-X-Satellit wurde im Juni 2007 gestartet und liefert seitdem hochpräzise Radarbilder mit einer Auflösung von bis zu 1 m.



Multitemporales TerraSAR-X Bild der Insel Sylt (grün: 22. Okt., blau: 24. Okt. und rot: 27. Okt. 2007).



Höhenmodell der Atacama-Wüste von Chile, aufgenommen mit TanDEM-X, 2010.

TerraSAR-X liefert hochpräzise Radardaten seit Mitte 2007. Die zwei Hauptziele der Mission sind hierbei die Versorgung der wissenschaftlichen Gemeinschaft mit multimodalen SAR-Daten im X-Band und die Eröffnung eines nachhaltigen kommerziellen Marktes für Erdbeobachtungsdaten, um aus den Erlösen zukünftige Radarsatelliten-Systeme mit rein privaten Mitteln zu finanzieren.

TerraSAR-X ist ein hochentwickelter X-Band-Radarsatellit mit einer 4,80 m mal 0,70 m großen planaren Antenne, bestehend aus 384 Sende- und Empfangsmodulen. Die Sendefrequenz liegt bei 9,65 GHz mit einer regelbaren Bandbreite von bis zu 300 MHz. Man kann zwischen einer Vielzahl von Betriebsmodi wählen, wie z.B. Stripmap (3 m Auflösung, 30 km Streifenbreite), scanSAR (16-25 m Auflösung, 100-250 km Streifenbreite), Spotlight-Modus (1 m Auflösung, 10 m x 10 m Bildgröße) oder dem Staring Spotlight Modus (25 cm Azimutaufklärung, 10 km x 10 km Bildgröße). Zusätzlich können die Betriebsmodi mit unterschiedlichen Polarisationen kombiniert werden. Die Kalibrierungsaktivitäten haben aufgezeigt, dass die radiometrische Genauigkeit der Bilder weniger als 0,3 dB beträgt und die Geolokalisierung mit einer Genauigkeit von 20 cm erfolgt.



Mit TanDEM-X (TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurement) wurde eine neue Ära der Radarfernerkundung aus dem Weltall eingeleitet.

Das Institut hat zum Projekt TerraSAR-X mit dediziertem Know-how zum SAR-Gesamtsystem beigetragen, insbesondere zum Design, zur Implementierung und zum Betrieb des Instrument Operations and Calibration System (IOCS), darüber hinaus mit der Entwicklung und Durchführung der Gesamtsystem-Kalibrierung. Außerdem vertritt das Institut die Position des Missionsmanagers (mit Vorsitz zum Missionsausschuss) und koordiniert die wissenschaftlichen und kommerziellen Aktivitäten. Der Missionsausschuss ist verantwortlich für die strategische Planung, das Tagesgeschäft, den nominellen Betrieb und unvorhergesehene Eventualitäten. Das DLR, als Repräsentant der deutschen Regierung, ist Alleineigentümer der TerraSAR-X-Daten und somit verantwortlich für die Koordination der wissenschaftlichen Nutzung.

### TanDEM-X

TanDEM-X (**TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurement**) wurde 2003 vom Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme zusammen mit der EADS Astrium GmbH ins Leben gerufen und hat eine neue Ära in der weltraumgestützten Radarfernerkundung eingeleitet. Mit der Hinzunahme eines zweiten, fast baugleichen Satelliten, der TerraSAR-X in einer engen Formation begleitet, wird ein Single-Pass-SAR-Interferometer mit einstellbaren Basislinien quer zur und in Flugrichtung aufgebaut. Mit typischen Abständen von 200-400 m zwischen den Satelliten wird ein globales, digitales Höhenmodell (DEM) mit einer relativen Höhengenaugigkeit von 2 m bei 12 m horizontaler Auflösung generiert. DEMs sind für ein weites Anwendungsfeld in Wissenschaft und Umweltforschung von fundamentaler Bedeutung. Beispielsweise fordern viele Bereiche der Geowissenschaften wie Hydrologie, Glaziologie, Forstwirtschaft, Geologie, Ozeanographie und Umweltmonitoring präzise und aktuelle Information über die Erdoberfläche und ihre Topographie. TanDEM-X liefert über das primäre Missionsziel hinaus ein veränderbares SAR-interferometrisches Testbett für die Demonstration neuer SAR-Techniken (multistatisches SAR, polarimetrische SAR-Interferometrie, digitale Strahlschwenkung und Höchstaufklärung) und damit verbundener Anwendungen.

Das Institut hält das Patent für eine auf einer Helix-Geometrie basierenden Orbit-Konfiguration, die eigens für den sicheren Formationsflug der beiden Satelliten gewählt wurde. Zur Sicherstellung einer exakten Phaseninformation wenden im bistatischen Modus die Radarinstrumente eine neue Technik zum Austausch von Phaseninformation über spezielle Mikrowellenverbindungen an.

Eine große Herausforderung liegt in den gemeinsamen Datenaufzeichnungen beider Satelliten unter Berücksichtigung der starken Beschränkungen im Raumsegment. Bei TanDEM-X steht die globale Datenaufnahme im Vordergrund, wohingegen TerraSAR-X viele einzelne Nutzeranfragen erfüllen muss. Allein für das globale DEM werden ca. 350 Terabytes Rohdaten zur Bodenstation übertragen. Die Prozessierung zum Endprodukt geschieht in einem ausgeklügelten Kalibrierkonzept. Das globale DEM wird Ende 2014 zur Verfügung stehen. Neben der Durchführung von Entwicklungsaufgaben beim Bodensegment leitet das Institut das Projekt zum Bodensegment in Oberpfaffenhofen und koordiniert die wissenschaftlichen Aktivitäten der Mission TanDEM-X.

TanDEM-X ist ein wichtiger Vorreiter und Vorbild für zukünftige Konstellationen bistatischer und multistatischer Radarsatelliten und festigt damit die Führungsrolle Deutschlands im Bereich weltraumgestützter SAR-Technologien und -Missionen.

### Tandem-L

Tandem-L ist der Missionsvorschlag für ein innovatives interferometrisches Radarinstrument im L-Band, das mittels neuartiger Techniken und Technologien die systematische Beobachtung von dynamischen Prozessen auf der Erde ermöglicht. Die Mission ist wissenschaftlich orientiert und soll einen einzigartigen Datensatz für Klima- und Umweltforschung, Geodynamik, Hydrologie und Ozeanographie liefern. Wichtige Anwendungsbeispiele sind die Bestimmung globaler Waldhöhen und Biomassen, Vermessung plattentektonischer Prozesse der Erdkruste, Beobachtungen von Bodenfeuchten, Eis- und Gletscherbewegungen und Meeresströmungen.

Das Tandem-L-Missionskonzept besteht aus zwei Satelliten im engen Formationsflug, die unter Nutzung von Polarimetrischer SAR-Interferometrie und Mehrpass-Interferometrie Daten von interagierenden Prozessen in der Biosphäre, Geosphäre, Hydrosphäre und Kryosphäre aufnehmen. Durch den Einsatz großer Reflektorantennen in Kombination mit digitaler Beamforming-Technologie wird eine hochinnovative globale Aufzeichnung in breiten Streifen bei hoher Auflösung erreicht.

Eine Schlüsseltechnologie von Tandem-L ist die Verwendung großer Reflektorantennen in Kombination mit digitaler Strahlschwenkung der Antenneneinspeisung, die den Antennenreflektor beleuchtet. Während für die Abstrahlung alle Speiseelemente eingesetzt werden, um einen breiten Streifen am Boden zu beleuchten, werden im Empfangsmodus nur zwei bis drei Elemente eingesetzt.

Die Vorteile dieses Konzepts sind vielfältig. Erstens wird eine Reduktion der Sendeleistung um den Faktor 3-4 im Vergleich zum traditionellen SAR erreicht; zweitens können breitere Streifen (ca. 350 km) aufgezeichnet werden, ohne an Auflösung zu verlieren. Zudem kann Tandem-L vollpolarimetrische Datensätze im Stripmap-Modus aufzeichnen, ohne die üblichen Beschränkungen konventioneller SAR-Systeme in Kauf nehmen zu müssen.

Die Tandem-L-Mission soll in Kooperation mit einem internationalen Partner realisiert werden. Das detaillierte Missionskonzept für Tandem-L wurde in einer zweijährigen Vorphase-A-Studie erarbeitet. Durch die Kooperation mit einem internationalen Partner wird eine kostengünstige Umsetzung angestrebt, wobei jeder Partner mit seiner Erfahrung und Vorabentwicklungen beiträgt. Ausgehend von der derzeitigen Planung wäre ein Start der Tandem-L-Satelliten im Jahr 2020 möglich.



Tandem-L: Vorschlag für eine hochinnovative L-Band-Mission.



Tandem-L: Das Bild zeigt die aus zwei Radar-aufnahmen abgeleiteten Baumhöhen. Das Ergebnis ist in eine Google-Map-Karte von Traunstein übertragen. Aus der Waldhöhe lässt sich die Waldbiomasse durch eine allometrische Beziehung bestimmen.

# Künftige Forschung und Projekte

Mit Blick auf die kommenden Jahre wird das Institut auch weiterhin an Projekten mitarbeiten bzw. neue Projekte initiieren, die maßgeblich für die langfristige Strategie des Instituts ausgelegt sind.

Die Tabelle unten zeigt die wichtigsten Projekte. Ihre Anzahl ist seit 2006 deutlich gestiegen. Hinsichtlich der Beteiligung an den Projekten TerraSAR-X, TanDEM-X und SAR-Lupe wurde ein hochqualifiziertes Projektteam zusammengestellt. Wegen des hohen Innovationsgrades in Wissenschaft und Technik ist Tandem-L das wichtigste Projekt des Instituts in den nächsten Jahren. Nach TanDEM-X ist es ein weiterer Meilenstein im Zeitplan auf dem Weg der nationalen Entwicklung von Satelliten-SAR-Systemen.

## Nationale Missionen und Projekte

Die hochauflösenden nationalen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X wurden in 2007 und 2010 gestartet. Der Tandembetrieb beider Satelliten mit dem Ziel der DEM-Generierung der Erde (Höhenprofil) ist bis Mitte 2014 geplant. Eine Verlängerung des Betriebs wird erwartet, weil Terra-SAR-X noch voll funktionsfähig ist und über genügend Treibstoffreserven verfügt. Obwohl die nominelle Laufzeit von TerraSAR-X mit 5,5 Jahren spezifiziert worden ist, wird eine Verlängerung auf mehr als 8 Jahre erwartet.

Tandem-L ist der Vorschlag für eine Satellitenmission im L-Band-Frequenzbereich. Eine Vorstudie wurde von 2008 bis 2011 durchgeführt und bis 2014 verlängert, um eine angepasste Version des ursprünglichen Missionskonzepts Tandem-L in Zusammenarbeit mit der japanischen Raumfahrtagentur JAXA zu entwerfen. Die Entscheidung für eine Umsetzung hängt von der Bewilligung der beantragten finanziellen Förderung ab. Der Zuspätkommen wird für Ende 2014 erwartet.

Das Projekt RSE (Sicherheitsrelevante Erdbeobachtung) wird vollständig vom BMVg gefördert und umfasst die Aktivitäten zu Aufklärung und Sicherheit, d.h. technische Unterstützung, Systemtechnik sowie Missionsanalyse von SAR-Lupe und seinem Nachfolgesystem.

Seit 2009 ist das Institut an der Phase-A-Studie von TerraSAR-NG beteiligt. TerraSAR-NG wird neue technologische Komponenten eines HRWS-SAR-Systems (X-Band-SAR der nächsten Generation mit hochauflösender Bildgebung bei gleichzeitig breiter Abdeckung am Boden) beinhalten. Im Gegensatz zu TanDEM-X werden die Systemanforderungen wesentlich durch kommerzielle Anwendungen bestimmt sein. Gemäß der PPP (öffentlich-private Partnerschaft) -Verabbarung wird TerraSAR-NG aber Daten im X-Band-Frequenzbereich zur wissenschaftlichen Nutzung verfügbar machen.

## Europäische Projekte

Sentinel-1a und Sentinel-1b sind zwei C-Band-Satelliten aus dem Copernicus-Programm der ESA/EU, deren Starts für das erste Semester 2014 bzw. Ende 2015 vorgesehen sind. Der Beitrag des Instituts liegt in der Definition eines Gesamtsystem-Kalibrierkonzepts und der Algorithmen. Das Institut wird zur Kalibrierung während der Phase der Inbetriebnahme der beiden Satelliten beitragen.

Wichtige Projekte des Instituts: Die orangefarbenen Balken zeigen die geplante Fortführung der betroffenen Projekte. Die Starts der Satelliten werden durch Dreiecke angezeigt.



BIOMASS (P-Band-SAR, vollpolarimetrisch) ist eine Erderkundungsmission der ESA und befindet sich aktuell in der Phase-B1-Studie. Das Institut ist Mitglied im wissenschaftlichen Beratungsgremium für diese Mission und ist eingebunden in die Kalibrierung und in verschiedene wissenschaftliche Studien. Für BIOMASS ist das Institut Hauptauftragnehmer für die Entwicklung des Gesamtsystem-Simulators. Weitere Aktivitäten beinhalten Befliegungskampagnen mit dem flugzeuggetragenen SAR.

Das Institut ist auch bei der Entwicklung des ersten spanischen Radarsatelliten (PAZ) für die Erdbeobachtung beteiligt und liefert SW-Module für den Instrumentenbetrieb sowie für die Kalibrierung. Die PAZ-Technologie basiert auf dem TerraSAR-X-Satelliten. Der Start ist für Ende 2014 vorgesehen.

### DLR-interne Projekte

F-SAR ist das am Institut neu entwickelte flugzeuggetragene SAR-System des DLR und ist seit 2012 voll einsatzfähig. Das F-SAR-System soll bis 2015 die Fähigkeit zur digitalen Strahlschwenkung erhalten. Seit 2008 sind bereits verschiedene interne und externe Flugkampagnen durchgeführt worden, wobei die intensive operationelle Phase in 2012 begann. Für die Erfassung von Straßenverkehr (DLR-interne Projekt VABENE) ist F-SAR auf ein 4-Kanal-System erweitert worden. Im Rahmen der Verkehrsaktivitäten entwickelt das Institut in den kommenden Jahren ein kompaktes und preisgünstiges flugzeuggestütztes SAR.

Für die DLR-Projekte FaUSST und FFT-2 werden am Institut UCAV-Prototypen (unbemannte Kampfflugzeuge) und Kurzstreckenraketen hinsichtlich ihrer Radarsignatur und damit ihrer Entdeckbarkeit sowie der Transparenz von Radomen im Hochfrequenzbereich untersucht.

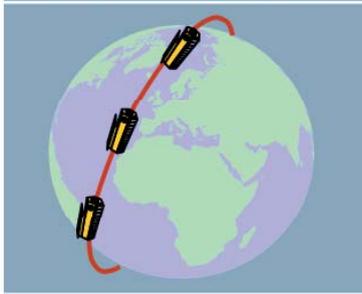
DLR-Forschungsprogramm	Programmthema am Institut	Projekte	Forschungsvorhaben	Ressourcenaufteilung
Raumfahrt	Erdbeobachtung	TerraSAR-X, TanDEM-X, Tandem-L, Sentinel-1, PAZ, TerraSAR-HD/HRWS, BIOMASS	Satelliten-SAR-Konzepte, Digital Beamforming, Signalverarbeitung, Flugzeug-SAR, Informationsgewinnung, Kalibrierung, Antennen	51 %
	Aufklärung und Sicherheit	Sicherheitsrelevante Erdbeobachtung (RSE)	-	32 %
Luftfahrt	Aufklärung und Sicherheit	FaUSST, FFT-2	Signaturen, Metamaterialien	9 %
Verkehr	Verkehrsbeobachtung mit Radar	VABENE	Flugzeug-SAR, Signalverarbeitung	8 %

Verteilung der Institutsressourcen. Mehr als 70% seines Finanzbedarfs deckt das Institut mit Erträgen aus Projektarbeiten und externen Aufträgen.

### Forschungsprogramme

Die im vorherigen Abschnitt genannten DLR-internen Projekte stehen im Einklang mit verschiedenen programmatischen Forschungsbereichen im DLR. In der obigen Tabelle sind interne und externe Projekte sowie grundfinanzierte Forschungsprogramme aus den Bereichen Raumfahrt, Luftfahrt und Verkehr mit Institutsbeteiligung zusammengefasst. Beispiele aus den Forschungsprogrammen sind grundfinanzierte Forschungsthemen wie neue SAR-Konzepte, Signalverarbeitung, luftgestütztes SAR, Informationsgewinnung, Kalibrierung und Signaturen. Forschungsprogramme und Projekte sind eng miteinander verbunden. Viele Projektarbeiten im Institut sind aus grundfinanzierten Forschungsarbeiten nach typischen Laufzeiten von 2 bis 5 Jahren hervorgegangen. Mit Blick auf den Langzeitaspekt der Projekte ist am Institut ein regelmäßig aktualisierter Zeitplan für künftige Radaraktivitäten aufgestellt worden. Bereits heute deckt das Institut mehr als 70% seines Finanzbedarfs mit Erträgen aus Projektarbeiten. Angesichts der erfolgreichen Akquirierung neuer Mittel- und Langzeitprojekte wird dieses Verhältnis auch in den nächsten 5 Jahren bestehen bleiben.

### LEO-Satelliten (LEO – Low Earth Orbit)



### Geostationärer Beleuchter mit LEO-Empfänger



### MEO-Satelliten (MEO – Medium Earth Orbit)



Konzeptentwürfe von zukünftigen Satellitenkonstellationen für eine quasi-kontinuierliche Erdbeobachtung mit Radar.

Oben: Anordnung von Radarsatelliten in einer erdnahen Umlaufbahn (LEO)

Mitte: Beleuchtungssatellit im geostationären Orbit (GEO) mit LEO-Empfangssatelliten

Unten: Radarsatelliten in einer mittleren Erdumlaufbahn (MEO)

## Vision

In einer dynamischen und sich stetig ändernden Welt sind zeitnahe und hochauflösende geophysikalische Informationen mit globaler Abdeckung und ebenso globalem Zugriff von zunehmender Wichtigkeit. Konstellationen von SAR-Satelliten mit ihrer einzigartigen Fähigkeit, wetter- und tageszeitunabhängig hochauflösende Daten zu liefern, werden deshalb eine wichtige Rolle bei diesen Aufgaben übernehmen. Beispiele für Anwendungen sind Umweltbeobachtung, Verkehr, Katastrophenschutz sowie Aufklärung und Sicherheit.

Eine Herausforderung für zukünftige weltraumgestützte SAR-Systeme liegt in der Optimierung des Kosten/Nutzen-Verhältnisses, so dass Konstellationen von Satelliten bezahlbar werden. Eine attraktive, kostengünstige Möglichkeit ist der Einsatz von kleinen, passiven Empfangssatelliten in bistatischen und multistatischen Konfigurationen, die quasi parasitär rückgestreute Signale von aktiven MEO- und GEO-Satelliten empfangen. Die Nutzung von GPS-Signalen zur GPS-Reflektometrie mit Anwendungen in Land- und Ozeanbeobachtung hat dieses Konzept bereits erfolgreich demonstriert. Durch den Einsatz von digitalem Beamforming kann inzwischen auch mit kleinen Antennen eine hohe Auflösung bei gleichzeitig breiten Aufnahmestreifen erreicht werden. Hohe Flexibilität bei Aufnahmemodi, Sensorkalibrierung, Reduzierung von Interferenzen und Unterdrückung von Ambiguitäten, dies alles zeigt auf, dass digitales Beamforming ein ganz klarer Trend in Richtung zukünftiger SAR-Systeme ist. Durch die Umsetzung von Netzwerken von SAR-Sensoren würden schnellere Zugriffszeiten und eine nahezu lückenlose zeitliche und räumliche Abdeckung ermöglicht, was für zeitkritische Anwendungen unbedingt notwendig ist.

Unbemannte, hochfliegende Flugzeuge oder Luftschiffe können zusätzlich als komplementäre Plattformen verwendet werden, um das Netzwerk zu erweitern.

Ein anderer wichtiger Aspekt bei gegenwärtigen und zukünftigen SAR-Sensoren ist die Fähigkeit, qualitativ hochwertige und verlässliche Produkte an die Nutzer zu liefern. Die Messfähigkeiten heutiger Sensoren sind multidimensional, da sie verschiedene Polarisationen, räumliche und zeitliche Basislinien, Blickwinkel und Frequenzen zur Extraktion von Parametern nutzen. Deshalb wird sich das Institut weiterhin darauf konzentrieren, die Kalibrierung der Systeme und damit die Qualität und Verlässlichkeit der Produkte zu verbessern. Gleichzeitig wird ein Hauptaugenmerk auf Algorithmen zur sensorspezifischen Parameterextraktion gelegt, wie z.B. für die Polarimetrische SAR-Interferometrie und Tomographie mit multiplen Basislinien.

In gewisser Hinsicht sind wir eigentlich nicht mehr allzu weit von dieser Vision entfernt. Die erfolgreiche TanDEM-X-Mission ist ein sehr wichtiger Meilenstein, und die Umsetzung der Mission Tandem-L wäre der nächste wichtige Schritt auf dem Weg zur Realisierung der Vision. Das Institut fühlt sich dazu verpflichtet, seine Rolle bei der Entwicklung zukünftiger SAR-Satelliten weiter auszubauen. Es wird seine Erfahrung, Expertise und führende Rolle in strategisch wichtigen Projekten und Forschungsbereichen erweitern und verstärken. Zusammen mit seinen Partnern im DLR, aus Industrie und Wissenschaft wird das Institut eine Schlüsselrolle bei der Realisierung der Vision übernehmen.

## Überblick zu den Versuchseinrichtungen am Institut

Versuchseinrichtung		Beschreibung
F-SAR		<p>Das neue flugzeuggetragene SAR-System mit polarimetrischem und interferometrischem Betriebsmodus im X-, C-, S-, L- und P-Band. Geometrische Auflösung von 4 m bis zu 25 cm, je nach Frequenzband und Nutzeranforderung.</p>
TechLab		<p>Das Technikzentrum des Instituts mit verschiedenen Laboratorien und Einrichtungen zu Sensorentwicklung, Integration und Versuchsaufbau für flugzeuggestütztes Radar, Radiometer, Antennen und zur Kalibrierung.</p>
Compact Test Range		<p>Antennen- und „Radar Cross Section“-Messanlage nach dem „Dual Reflector Compact Range“-Prinzip in einem mit Mikrowellenabsorbieren ausgekleideten, geschirmten Raum (24 m x 11,7 m x 9,7 m). Messbereich von 300 MHz bis zu 100 GHz.</p>
Bistatische-Signaturen-Messanlage		<p>Absorberkammer (8,5 m x 5,7 m x 5 m) zur Messung quasi-monostatischer und bistatischer polarimetrischer Radar-Signaturen an kanonischen Versuchsobjekten sowie verkleinerten Zielmodellen im W-Band-Frequenzbereich.</p>
Materialprüfungs-Messanlage		<p>Material-Charakterisierung mittels Freiraum-Transmissions- und Reflexionsmessungen im X-Band, Ka-Band und W-Band. Hohlleitersmessungen im Frequenzbereich von 1,1 GHz bis zu 110 GHz.</p>
CALIF		<p>Zur hochgenauen Kalibrierung satellitengestützter SAR-Systeme werden passive und aktive Referenzziele sowie Analyse-Tools in Testgebieten mit einer Ausdehnung von bis zu 450 km in Süddeutschland aufgebaut.</p>
Mechaniklabor		<p>Entwurf, Entwicklung und Herstellung von Mikrowellenkomponenten, Instrumenten und Modellen in maschinellen und galvanoplastischen Techniken (mechanische Antriebe, Halterungssysteme, verschiedene Baugruppen und Gehäuse, usw.)</p>

# Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 7.700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

## Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme

Das Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme ist eine Forschungseinrichtung des DLR am Standort Oberpfaffenhofen bei München. Forschungsschwerpunkt ist die raumgestützte Mikrowellenfernerkundung mit abbildenden Radarsensoren.

Die Expertise der über 140 Mitarbeiter reicht von der Konzeption und Entwicklung neuer Satellitenmissionen über den Betrieb von luft- und raumgestützten Radarsystemen bis hin zur Nutzung und Anwendung der damit gewonnenen Daten.

Das Institut belegt eine international anerkannte Spitzenposition in der Radarfernerkundung und ist maßgeblich an der Planung und Durchführung von nationalen und internationalen Raumfahrt-Projekten und -Programmen beteiligt.



DLR

**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

**Microwaves and Radar Institute**  
Oberpfaffenhofen  
D-82234 Weßling

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