

Earth Observation Center (EOC)

Institut für
Methodik der Fernerkundung



Das Institut für Methodik der Fernerkundung im EOC

Das Institut für Methodik der Fernerkundung (IMF) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) bildet mit dem Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) das Earth Observation Center (EOC) des DLR – das Kompetenzzentrum für Erdbeobachtung in Deutschland. Das Institut ist an den DLR-Standorten Oberpfaffenhofen bei München, Berlin-Adlershof und Neustrelitz in Mecklenburg-Vorpommern vertreten.

Das IMF betreibt Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Fernerkundungstechnologien. Es werden Algorithmen, Methoden und Verarbeitungssysteme (sog. Prozessoren) zur Gewinnung von Geoinformation aus Fernerkundungsdaten entwickelt. Damit trägt das IMF zur optimalen Nutzung moderner Fernerkundungssensoren für aktuelle wissenschaftliche und gesellschaftliche Fragestellungen bei.



Das Earth Observation Center - EOC - in Oberpfaffenhofen bei München

Das IMF setzt drei technologische Schwerpunkte:

- Fernerkundung mit Synthetik-Apertur-Radar (SAR)
- Abbildende optische Fernerkundung
- Atmosphärenspektrometrie

Entwickelt werden sowohl wissenschaftliche und experimentelle Verfahren wie auch operationelle Prozessoren. Für nationale, europäische und internationale Missionen werden diese Prozessoren in die Empfangs- und Verarbeitungsketten des DFD oder industrieller Partner integriert.

Das IMF betreibt die flugzeuggestützte optische Sensorsuite des EOC. Die Kalibrier- und Spektrometrielabore des IMF liefern die Basis für die bestmögliche Nutzung von Fernerkundungsdaten.

Schließlich wirkt das Institut mit seiner Fernerkundungsexpertise bei der Konzeption neuer Sensorsysteme und Erdbeobachtungsmissionen mit.

Ein besonderes Anliegen ist die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Schülerinnen und Schüler werden im DLR_School_Lab an Themen der Erdbeobachtung herangeführt, Bachelor- und Masterarbeiten können „hands-on“ in aktuellen Projekten durchgeführt und attraktive wissenschaftliche Fragestellungen in Doktorarbeiten bearbeitet werden. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des IMF lehren an Hochschulen, der Direktor des Instituts leitet einen Lehrstuhl an der Technischen Universität München.

Das Institut ist nach ISO9001:2008 zertifiziert.

Technologien und Methoden der Fernerkundung

Fernerkundung ist eine Querschnittstechnologie, die zur Lösung einer Vielzahl geo-relevanter Fragestellungen beiträgt, seien sie global, regional oder lokal.

So wird durch Fernerkundung aus dem Weltraum langfristig und global das komplexe System Erde und seine Veränderungen vermessen. Erst die Gesamtschau der in enger Wechselwirkung stehenden Sphären, wie der Atmosphäre, der Landoberfläche, der Ozeane und der polaren Eisschilde, ermöglicht die relevanten Zusammenhänge zu verstehen und zu modellieren. Daraus können Vorhersagen über die zukünftige Entwicklung unserer Lebensräume, deren Gefährdungen und die Auswirkungen unserer Eingriffe in das Erdsystem getroffen werden. Die globale Sicht aus dem Weltraum komplementiert dabei die hochgenauen, aber nur punktuellen Messungen auf der Erde.

Fernerkundung mit hochauflösenden Sensoren aus dem Weltall oder vom Flugzeug aus unterstützt auch das Management von Ressourcen und Gefahren sowie planerische Aufgaben. Küstenmanagement, Katastrophenhilfe, Stadtplanung und Verkehrsmanagement sind einige Beispiele dafür.

Dabei ist Fernerkundung mehr als die Aufnahme möglichst detailgetreuer Bilder. Es geht vielmehr um die Gewinnung von Geoinformation, also die quantitative Erfassung von Größen, wie Gelände- und Gebäudehöhen, Deformationen der Erdoberfläche, Konzentration von Ozon und anderen atmosphärischen Spurengasen, Windgeschwindigkeiten, Wellenhöhen, Phytoplanktonkonzentration in Gewässern oder der Verkehrsdichte. Diese Größen können vom Weltall aus nur über indirekte Verfahren gemessen werden, z.B. durch Analyse der spektralen Verteilung des Lichts, das von einem Spektrometer auf einem Satelliten erfasst wird. Der Rückschluss auf die zu messenden Größen ist eine Grundaufgabe in der Fernerkundung



TanDEM-X

und damit auch wissenschaftliches Kernthema des Instituts für Methodik der Fernerkundung.

Das IMF entwickelt Verfahren zur Informationsextraktion für folgende Fernerkundungs-Messverfahren:

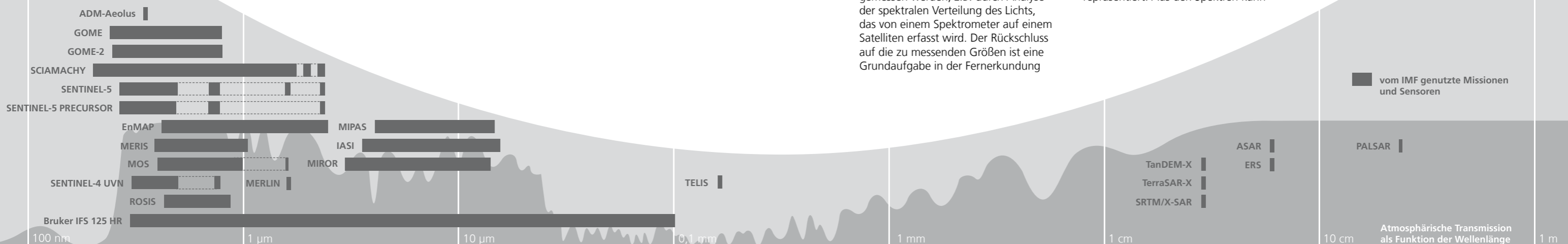
Synthetik-Apertur-Radar (SAR) bildet die Erdoberfläche mithilfe von Mikrowellen ab – und dies unabhängig von Sonnenstand und Bewölkung. Die SAR-Bilddaten geben Aufschluss über Bodenfeuchte und Bewuchs, über die Wellenhöhe auf Ozeanen und über Windgeschwindigkeiten. Als interferometrische SAR-Systeme eingesetzt, ermöglichen sie die Gewinnung von digitalen Höhenmodellen der Erde und die Erfassung von geotektonischen Bewegungen, Bodensenkungen und Deformationen von baulicher Infrastruktur.

Abbildende optische Spektrometer liefern Bilder, bei denen jeder Bildpunkt ein Spektrum von einigen wenigen bis über hundert Spektralwerten ("Farben") repräsentiert. Aus den Spektren kann

je nach Anwendungsgebiet auf Art und Zustand der Vegetation, auf Bodenchemie oder Wasserinhaltsstoffe geschlossen werden. Hochauflösende optische Abbildungssysteme erlauben die Erstellung von Karten, Gelände- und Stadtmodellen oder die Erfassung von Verkehrsflüssen.

Atmosphärenspektrometer mit oft mehreren tausend Spektralkanälen liefern Spektren im UV, im sichtbaren Licht oder im Infraroten, aus denen Temperatur, Druck und Spurengaskonzentrationen der Atmosphäre abgeleitet werden. Neben Verfahren für passive Spektrometer entwickelt das IMF auch Methoden für aktive Lidar-Systeme. Die gewonnenen Resultate liefern wichtige Informationen zur Luftqualität, zum globalen Klimawandel sowie dem Status des stratosphärischen Ozons.

Daten unterschiedlicher Sensoren sind häufig komplementär in ihrem Informationsgehalt. Für viele Anwendungen müssen sie miteinander verschnitten werden. Mit der steigenden Verfügbarkeit von Fernerkundungssatelliten unterschiedlicher Sensorik wird die sog. Datenfusion daher immer wichtiger. Das IMF entwickelt Fusionsverfahren, z.B. für optische und SAR-Daten, auf Basis seiner Kompetenz in den oben genannten Fernerkundungstechnologien.



Synthetisch-Apertur-Radar

Ein Synthetisch-Apertur-Radar (SAR) tastet die Erdoberfläche vom Flugzeug oder vom Satelliten aus mit Mikrowellenpulsen ab. Aufgrund seiner Unabhängigkeit von Sonnenstand und Bewölkung liefert es verlässlich und genau Karten geophysikalischer Parameter wie Bodenfeuchte, Biomasse oder Ozeanwellenhöhen. SAR wird daher zur kontinuierlichen Beobachtung der Weltmeere, von Polargebieten, Erdbebenrisikozonen oder Vulkanen eingesetzt, aber auch im Katastrophenmanagement.

Neuere SAR-Systeme wie TerraSAR-X können aufgrund ihrer hohen Auflösung sogar einzelne Gebäude beobachten.

Das IMF entwickelt leistungsfähige Algorithmen für die Verarbeitung der SAR-Rohdaten bis hin zu hochwertigen thematischen Produkten. Die Entwicklungsschwerpunkte liegen auf der digitalen Signalverarbeitung und der Kopplung von Radarmesswerten mit geophysikalischen Modellen.

SAR-Prozessierung

Ein SAR-Instrument liefert zunächst keine Bilder, sondern hologrammähnliche Datensätze, die vor der Verwendung prozessiert, d.h. fokussiert, radiometrisch kalibriert und geometrisch entzerrt werden. Die am IMF entwickelte SAR-Prozessorlinie verarbeitet alle modernen Sensorbetriebsmodi wie Stripmap, ScanSAR, TOPS und Spotlight mit einem einheitlichen Algorithmus. Auf Basis dieses Prozessors werden operationelle Verarbeitungssysteme aufgebaut, wie sie im DLR für die nationalen Radarmissionen TerraSAR-X und TanDEM-X eingesetzt werden. Diese Systeme liefern über Jahre hinweg hochwertige Bildprodukte für Wissenschaft und Industrie.

SAR-Interferometrie

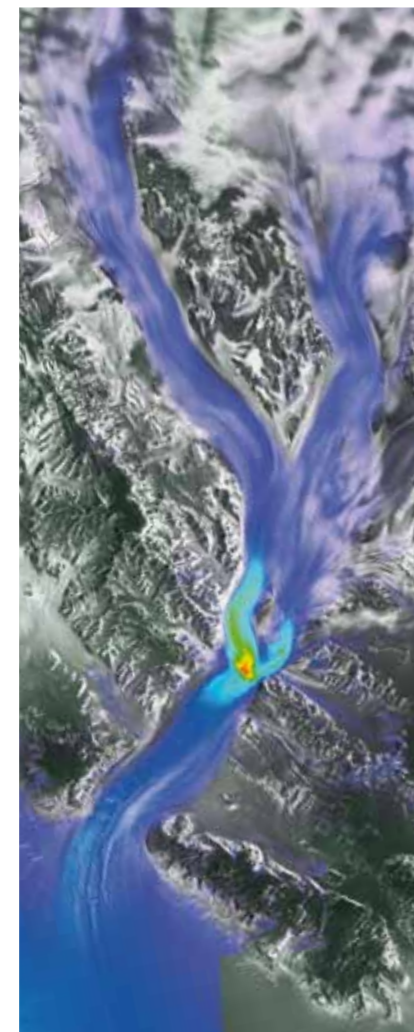
Das SAR-Interferometrieverfahren nutzt die in jedem Bildpunkt enthaltene Phaseninformation zur millimetergenauen Entfernungsmessung. So lassen sich aus dem Weltraum digitale Höhenmodelle erstellen. Das IMF entwickelte Verarbeitungssysteme sowohl für die erste globale Erdvermessung durch SRTM (2000) als auch für die aktuelle TanDEM-X-Mission (2010), mit der die Genauigkeit der SRTM-Höhenmodelle nochmals wesentlich verbessert wird.

Neben der Topografie werden durch SAR-Interferometrie Oberflächenbewegungen gemessen, wie sie etwa durch Erdbeben, instabile Hänge, Grundwasserentzug oder Vulkanismus verursacht werden. Zur Vermessung solcher millimeterkleiner Bewegungen entwickelt und betreibt das IMF ein Persistent-Scatterer-Interferometrie-System für interferometrische Langzeitanalysen.

Hochauflösende SAR-Verfahren sind auch für die Verkehrsforschung hilfreich. Am IMF werden aus TerraSAR-X-Daten mithilfe Along-Track-Interferometrie Geschwindigkeitsprofile von Autobahnabschnitten bestimmt und zur Erkennung von Stausituationen oder zur Kalibrierung herkömmlicher Induktionsschleifen verwendet.

SAR-Ozeanografie

Aufgrund der starken Abhängigkeit der Mikrowellenreflexion von der Oberflächenstruktur eignet sich SAR besonders gut zur Abbildung von Wellen und wird daher in der Ozeanografie für Seewetterbericht und Wellenstatistik eingesetzt. Das IMF leitet hierfür aus SAR-Aufnahmen der Meeresoberfläche wichtige Parameter wie Höhe des Seegangs, Windgeschwindigkeit und Windrichtung ab. Mit SAR können auch Schiffe detektiert und deren Kurs bestimmt werden, eine Anwendung mit zunehmender Bedeutung für Fischerei- und Küstenüberwachung.



TerraSAR-X Geschwindigkeitsanalyse des Nimrod Gletschers in der Antarktis

Abbildende optische Fernerkundung

Hochgenaue Geometrie und 3D

Bildhafte Fernerkundungsdaten werden heute weitestgehend automatisiert ausgewertet. Die Daten unterschiedlicher Sensoren und Abbildungsgeometrien werden mit kartografischer Information anderer Herkunft unter Nutzung geografischer Informationssysteme (GIS) verschnitten. Dazu müssen sie hochgenau in Bezug zu einem erdgebundenen Koordinatensystem gebracht werden (Georeferenzierung). Mit steigender geometrischer Auflösung moderner Satellitenkameras erhöhen sich auch die Anforderungen an die Genauigkeit der Georeferenzierung.

Das IMF entwickelt Verfahren der operationellen Georeferenzierung für nahezu alle optischen Satelliten- und Flugzeugkameranysteme. Diese Prozessoren erfüllen auch zeitkritische Anforderungen, z.B. für die Bereitstellung aktueller Geoinformation bei Katastrophen oder für die Extraktion von Verkehrslageinformationen aus Bildsequenzen flugzeuggetragener Kameras mit Datenübertragung in Echtzeit.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Erzeugung digitaler Höhenmodelle aus Stereo-Satellitendaten. Die Kenntnis über die genaue Form der Erdoberfläche, einschließlich der Gebäude- und Vegetationshöhen (Biomasse), ist in vielen Gebieten der Erde noch sehr ungenau.

Die am IMF entwickelten Stereoverfahren erlauben mit den derzeit höchstauflösenden Daten bereits die Erstellung von Stadtmodellen aus dem Weltraum. Von besonderem Interesse ist dabei die Erfassung von 3D-Veränderungen, z.B. für die Beobachtung von urbanem Wachstum, dem Fortschritt großer und sicherheitskritischer Bauinfrastruktur oder für die Kartierung von Schäden nach einer Katastrophe wie einem Erdbeben.



Computergenerierte Ansicht eines höchstauflösenden Geländemodells des K2 im Himalaya

Wasserqualität

Ozeane und Küstenzonen sind für Klima und Daseinsvorsorge wichtige Ökosysteme. Das IMF entwickelt Verfahren zur Erfassung relevanter organischer und anorganischer Wasserinhaltsstoffe aus spektral hochaufgelösten optischen Fernerkundungsdaten (derzeit ENVISAT/MERIS, zukünftig EnMAP). Es werden Indikatoren zur Wasserqualität abgeleitet, wie die Chlorophyllkonzentration oder das Risiko toxischer Algenblüten. Diese Größen werden täglich im Rahmen eines operationellen GMES-Dienstes an Umweltbehörden ausgeliefert.

EnMAP

EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Program) ist eine zukünftige deutsche hyperspektrale Satellitenmission zur Gewinnung von Ökosystemparametern aus den Bereichen Land- und

Forstwirtschaft, Geologie, Küsten- und Binnengewässern. Das IMF ist für die Entwicklung des operationellen EnMAP-Prozessorsystems verantwortlich.

OpAiRS

Im Rahmen des User Services OpAiRS (Optical Airborne Remote Sensing and Calibration Facility) betreibt das IMF eine Reihe flugzeuggetragener optischer Sensoren (Hyperspektralsysteme, Spektrometer, Kameras) sowie diverse Feldspektrometer.

Zusammen mit dem DFD und dem Flugbetrieb des DLR werden mit diesen Instrumenten für interne und externe Partner internationale Messkampagnen durchgeführt. Ein europaweit einzigartiges Labor am IMF dient speziell dazu, abbildende und nicht abbildende Spektrometer zu charakterisieren und zu kalibrieren.

Atmosphärenspektrometrie

Kalibrierung

Die Ableitung geophysikalischer Parameter aus Signalen eines Fernerkundungssensors erfordert die Umrechnung der Signale in physikalische Größen, also die Kalibrierung des Sensors. In der Atmosphärenfernerkundung ist diese Aufgabe bedingt durch die hohe Anzahl von Spektralkanälen und die hohen Genauigkeitsanforderungen besonders kritisch. Sie erfordert eine genaue Kenntnis des Messsystems und eine Überwachung der Instrumenteneigenschaften während der gesamten Mission. Das IMF leistet diese Aufgaben für die europäischen Sensoren ERS/GOME und ENVISAT/SCIAMACHY.

Vorwärtsmodelle, Streutheorie und Inversion

Typische Produkte der atmosphärischen Fernerkundung sind Karten atmosphärischer Zustandsgrößen wie Druck, Temperatur, Spurengas- und Aerosol-Konzentrationen. Zur Ableitung dieser Größen aus den gemessenen Spektren gilt es zunächst, den Strahlungstransfer und die in der Atmosphäre auftretenden Streuprozesse mathematisch zu modellieren, d.h. aus vorgegebenen Atmosphäreneigenschaften das zu erwartende Spektrum zu berechnen. Durch Invertierung dieses Modells wird schließlich vom gemessenen Spektrum auf den tatsächlichen Atmosphärenzustand geschlossen.

Das IMF entwickelt Strahlungstransport- und Streumodelle sowie Inversionsverfahren für die Fernerkundung der Atmosphäre. Der Schwerpunkt liegt dabei neben der Genauigkeit auf durchsatzoptimierten und numerisch robusten Verfahren, wie sie in operationellen Prozessoren benötigt werden.

Neben Verfahren für den operationellen Einsatz werden auch experimentelle Methoden entwickelt, die neue Potenziale von Sensoren ausloten oder die Messgenauigkeiten etablierter Verfahren verbessern.

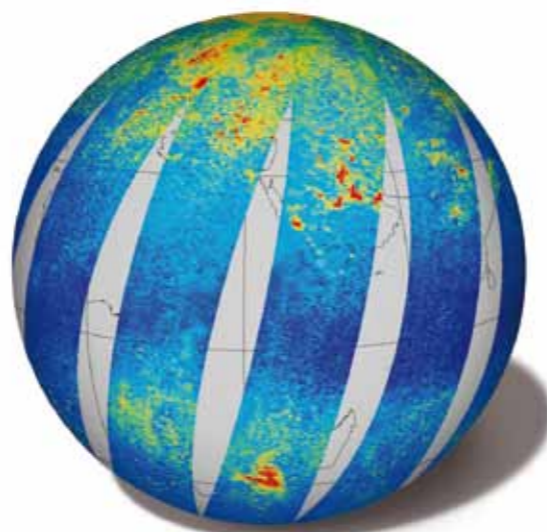
Prozessoren

Operationelle Prozessoren im Bodensegment einer Erdbeobachtungsmision erzeugen aus Messdaten kontinuierlich und möglichst zeitnah klar definierte Produkte. Sie arbeiten in einer konfigurationskontrollierten IT-Umgebung und müssen weitgehend ohne interaktive Eingriffe funktionieren.

Im Kontext von ESA- und EUMETSAT-Missionen ist das IMF für die Entwicklung der Prozessoren der Spektrometer ERS/GOME, ENVISAT/SCIAMACHY und MetOp/GOME-2 verantwortlich. Hierzu gehören auch die kontinuierliche Verbesserung der Algorithmen sowie die Reprozessierung gesamter mehrjähriger Missionsdatensätze. Neue Anforderungen werden die Verfahren des IMF bei der zukünftigen Lidar-Mission ADM-Aeolus zur Ableitung globaler Windparameter erfüllen müssen.

Experimentelle Spektrometrie

Das IMF entwickelt und betreibt experimentelle Fourier-Transform- und Heterodyn-Spektrometer. Mit den im thermalinfraroten und ferninfraroten Spektralbereich eingesetzten Sensoren (MIRROR und TELIS) werden neue Fernmessverfahren getestet und validiert. Die Arbeiten des spektrometrischen Referenzlabors des IMF stützen sich auf ein hochauflösendes Spektrometer (Bruker IFS125HR) und eine langjährig aufgebaute Labormesstechnik und Erfahrung. Das Labor liefert wesentliche Beiträge zur Verbesserung von Qualität und Umfang spektrometrischer Datenbanken für atmosphärische Spurengase. Deren Zuverlässigkeit ist für die Interpretation von Fernerkundungsmessungen unverzichtbar.



Globale Stickstoffdioxidverteilung

Die Organisation des IMF

Institutsdirektor

Prof. Dr. Richard Bamler

Fachabteilungen

Atmosphärenprozessoren

Oberpfaffenhofen und Neustrelitz
Leiter: Prof. Dr. Thomas Trautmann

Photogrammetrie und Bildanalyse

Oberpfaffenhofen
Leiter: Prof. Dr. Peter Reinartz

Experimentelle Verfahren

Oberpfaffenhofen
Leiter: Dr. Peter Haschberger

Gewässerfernerkundung

Berlin-Adlershof und Oberpfaffenhofen
Leiter: Dr. Andreas Neumann

SAR-Signalverarbeitung

Oberpfaffenhofen
Leiter: Dr. Michael Eineder

Lehrstuhl

für Methodik der Fernerkundung

Technische Universität München
Ordinarius: Prof. Dr. Richard Bamler
Stellvertreter: Dr. Matthias Butenuth

EOC Zentralfunktionen
(gemeinsam mit DLR-DFD)

Controlling

Oberpfaffenhofen und Neustrelitz
Leiter: Dipl.-Forstw. Hans-Henning Voß

Adressen & Kontakte

Oberpfaffenhofen

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Methodik
der Fernerkundung

Münchner Straße 20
82234 Oberpfaffenhofen

Telefon: 08153-28-2672
Fax: 08153-28-1420

Berlin-Adlershof

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Methodik
der Fernerkundung

Rutherfordstr. 2
12489 Berlin

Telefon: 030-67055-641
Fax: 030-67055-642

Neustrelitz

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Methodik
der Fernerkundung

Kalkhorstweg 53
17235 Neustrelitz

Telefon: 03981-480-116
Fax: 03981-480-156

Internet

www.dlr.de/eoc

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 15 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.900 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

Die Mission des DLR umfasst die Erforschung von Erde und Sonnensystem, Forschung für den Erhalt der Umwelt und umweltverträgliche Technologien, zur Steigerung der Mobilität sowie für Kommunikation und Sicherheit. Das Forschungsportfolio des DLR reicht von der Grundlagenforschung zu innovativen Anwendungen und Produkten von morgen. So trägt das im DLR gewonnene wissenschaftliche und technische Know-how zur Stärkung des Industrie- und Technologiestandortes Deutschland bei. Das DLR betreibt Großforschungsanlagen für eigene Projekte sowie als Dienstleistung für Kunden und Partner. Darüber hinaus fördert das DLR den wissenschaftlichen Nachwuchs, betreibt kompetente Politikberatung und ist eine treibende Kraft in den Regionen seiner Standorte.



DLR

**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**

in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Methodik der Fernerkundung

Oberpfaffenhofen

www.DLR.de