

**DAS DLR –  
EIN STARKER PARTNER  
FÜR DEN  
KLIMASCHUTZ**

Wissen – Verstehen – Handeln



Wie werden unsere Kinder und zukünftige Generationen das Klima auf der Erde erleben? – Die Frage ist nicht neu. Doch inzwischen hat sie Schulhöfe, Straßen und Plätze erreicht. Nachdem der Klimawandel in den vergangenen Jahren vor allem Thema von Gremien, beispielsweise des Weltklimarats war, ist er nun in einer breiten Öffentlichkeit angekommen. Und nicht nur Kinder und Jugendliche wollen wissen, wie unsere Gesellschaft mit einem sich global wandelnden Klima umgeht.

Dabei stellen sich vor allem die folgenden Fragen: Wie genau funktioniert das komplexe System Klima? Welche Veränderungen lassen sich in diesem System feststellen und welche Ursachen haben sie? Was sind die Auswirkungen des Klimawandels auf Menschen und Umwelt? Welche Maßnahmen müssen zu welchem Zeitpunkt getroffen werden, um den Klimawandel in welchem Maße zu bremsen? Ist es möglich, dass sich die Menschen an seine Auswirkungen anpassen und wenn ja, wie?



**Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des DLR sind ein verlässlicher Partner, um Antworten auf diese Fragen zu finden. Tiefgreifende Forschung, neue Technologien und die detaillierte Auswertung von Klimadaten gehören zu den wichtigen Beiträgen, die unsere Gesellschaft jetzt braucht. Das DLR kann sie liefern. An unseren 27 Standorten forschen wir von den Grundlagen bis zur Anwendung, arbeiten dabei interdisziplinär und kooperativ. Wir entwickeln Technologien zur Emissionsminderung, betreiben Klimaforschung und liefern Daten zur Politikberatung. Genau das ist heute notwendig, denn wir haben die Verantwortung, der nächsten Generation eine Erde zu übergeben, auf der es sich gut leben lässt. Dafür setzen wir uns mit Nachdruck ein und mobilisieren die in Deutschland einzigartige Forschungskapazität des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt.**

A handwritten signature in blue ink that reads "Pascale Ehrenfreund". The signature is fluid and cursive, with a prominent flourish at the end.

Prof. Dr. Pascale Ehrenfreund | Vorstandsvorsitzende des DLR

Als Forschungszentrum, Projektträger und Raumfahrtmanagement verfügt das DLR über ein einzigartiges Kompetenzspektrum zur Politikberatung. Es reicht vom Know-how zu innovativen Klimaschutztechnologien in Luft- und Raumfahrt, Verkehr und Energie über die klima- und forschungspolitische Expertise der Projektträger bis zur Durchführung der hoheitlichen Raumfahrtprogramme durch das Raumfahrtmanagement. Dieses Spektrum ist einzigartig und macht das DLR für die Bundesregierung insbesondere dort zu einem zentralen Ansprechpartner, wo sich Klima-, Forschungs- und Innovationspolitik überschneiden.

## DAS DLR – KOMPETENTER BERATER FÜR DIE POLITIK

Das DLR ist ein von der Politik geschätzter und gefragter neutraler Ansprechpartner. Seine wissenschaftliche Exzellenz und forschungspolitische Expertise, die querschnittliche Verzahnung seiner Forschungsthemen sowie die Fähigkeit, ganze Systeme übergreifend zu analysieren und zu bewerten, bilden dafür die Grundlage. So leitet das DLR beispielsweise im großangelegten europäischen Luftfahrtforschungsprogramm Clean Sky 2 zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und Lärm den Bereich Technologiebewertung (Technology Evaluator) und leistet zahlreiche Forschungsbeiträge. Das Projekt wurde von der Europäischen Kommission initiiert. In der Raumfahrt stellt das DLR im Rahmen der satellitengestützten Erdbeobachtung Politik und Gesellschaft zentrale Erkenntnisse über Veränderungsprozesse im globalen Klimasystem zur Verfügung. Zudem leistet das DLR in diesem Kontext Vermittlungsarbeit, beispielsweise in der europäischen und internationalen Raumfahrt oder an der Schnittstelle zwischen der Klimarahmenkonvention (UNFCCC), dem Weltklimarat (IPCC), der europäischen und deutschen Energie- und Klimapolitik sowie der einschlägigen Forschungslandschaft. Damit gestaltet das DLR die Umsetzung des energie- und klimapolitischen Programms der Bundesregierung durch profundes Wissen, technologische Innovationen und interessenneutrale Beratung maßgeblich mit. Seit vielen Jahren erstellt das DLR Studien für die Energiepolitik und hat erheblichen Anteil am Konzept der Energiewende. Im Rahmen der Verkehrsforschung identifiziert das DLR die Herausforderungen für die Mobilität von morgen und entwickelt konkrete Lösungen. Die Ergebnisse tragen zu einem nachhaltigen, zukunftsfähigen Verkehrssystem in Deutschland und Europa bei, von dem Gesellschaft und Wirtschaft gleichermaßen profitieren. Das DLR entwickelt durch sein einzigartiges Kompetenzportfolio und seine interdisziplinäre Herangehensweise Lösungen für komplexe gesellschaftliche Herausforderungen.

# FORSCHUNG FÜR EINE NACHHALTIGE ZUKUNFT

Wirbelstürme, Starkniederschläge, Trockenheit und Waldbrände: Der Zusammenhang solch extremer Naturereignisse mit einem sich wandelnden Klima ist inzwischen weltweit anerkannt. Und dass dieser Klimawandel vom Menschen verursacht wird – hauptsächlich durch den erhöhten Ausstoß von Kohlendioxid, aber auch anderer Treibhausgasen – wurde mit Hilfe der satellitengestützten Erdbeobachtung erkannt. Um die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf nationaler Ebene zu senken, hat die deutsche Politik die Energiewende eingeleitet. Im Dezember 2019 wurde der „Green Deal“ der EU-Kommission von den europäischen Staats- und Regierungschefs bestätigt. Er hat das Ziel, die EU bis 2050 klimaneutral zu machen. Auf der Klimakonferenz in Madrid einigte sich die Staatengemeinschaft darauf, im kommenden Jahr ihre Ziele beim Klimaschutz zu verschärfen. Zudem soll eine Langfriststrategie erarbeitet werden, um die globale Erwärmung bis 2050 gegenüber vorindustriellem Niveau auf deutlich unter zwei Grad, wenn möglich auf 1,5 Grad, zu begrenzen.

**Für diese nationalen und internationalen Klimaziele sind neue Technologien in Luft- und Raumfahrt, Energie und Verkehr vonnöten.**

**Genau daran arbeiten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des DLR. Sie betreiben Grundlagenforschung, entwickeln neue Technologien und Produkte und bringen ihr Wissen in nationale und internationale Gremien ein. Die nachfolgenden Beispiele zeigen das Potenzial von Forschung und Entwicklung im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, den notwendigen Wandel mitzugestalten.**





## DAS KLIMA BESSER VERSTEHEN

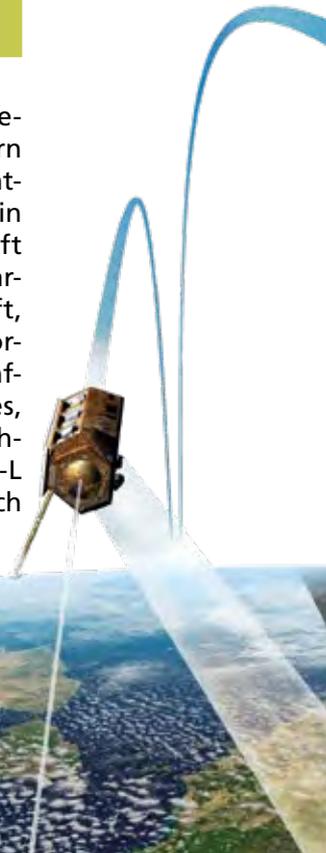
Das DLR unterstützt seit Langem zahlreiche nationale und internationale Projekte sowie satellitengestützte Erdbeobachtungsmissionen, die dabei helfen, Wissen über den Klimawandel zu sammeln. Es geht darum, Ursachen besser zu verstehen und die Wirkung anthropogener Treibhausgase auf das Klima abzuschätzen. Hierfür nutzt das DLR nationale und internationale Erdbeobachtungssatelliten sowie seine Forschungsflotte – die größte zivile Flotte von Forschungsflugzeugen und -hubschraubern in Europa. Langzeitbeobachtungen sind außerdem die Voraussetzung, um zu überprüfen, ob Emissionsziele erreicht werden und Klimaschutzmaßnahmen Wirkung zeigen. Die Daten gehen in die Modellierung des Klimawandels sowie damit verbundener Risiken ein. Sie bilden die Basis für Entscheidungen über weitere Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen in Deutschland, Europa und der ganzen Welt.



Wie verändert sich unsere Erde? Welche Prozesse laufen auf ihr ab? Satellitengelegene Instrumente ermöglichen es, Informationen darüber umfassend zu erheben. Durch lange Zeitreihen gestatten sie auch einen Rückblick in die Vergangenheit, um bessere Vorhersagen zu treffen. Das DLR entwickelt Erdbeobachtungssysteme und hält Technologien dafür bereit. Eine hervorragende Datenquelle bietet das deutsche Radarsatellitenduo TerraSAR-X und TanDEM-X, das vom DLR betrieben wird. Es ermittelt ein dreidimensionales Höhenmodell der gesamten Erde und vermag klimabedingte Veränderungen im Zeitverlauf zu erfassen. Die Anwendungen sind zahlreich: Von der Beobachtung von Landmassen und Ozeanen, über die Bestimmung des Nässegehalts des Bodens, der Strömungsgeschwindigkeit von schnellen Gletschern oder des Zustands der polaren Eiskappen bis hin zur Detektion von Ölfilmen auf Wasser.

## DAS SYSTEM ERDE STETS IM BLICK: SATELLITEN ZUR ERDBEOBACHTUNG

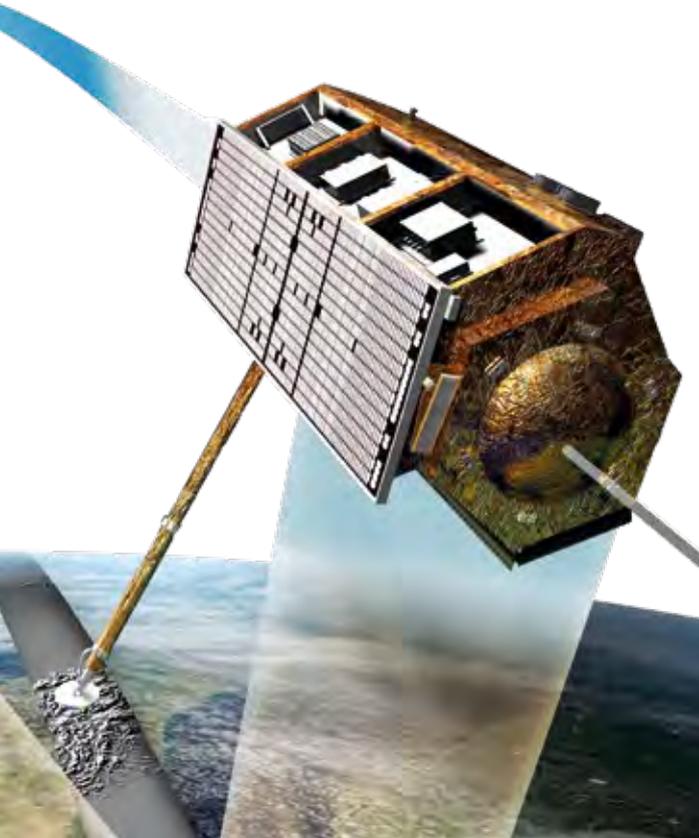
Aus Daten des DLR-Radarsatelliten TanDEM-X haben DLR-Experten unter anderem eine globale Waldkarte erstellt. Sie zeigt bei einer Auflösung von 50 Metern die weltweite Ausdehnung bewaldeter Flächen. Anhand dieser Karte lässt sich entsprechend auch die Biomasse-Konzentration von Wäldern genauer bestimmen – ein Schlüsselfaktor im globalen Kohlenstoffkreislauf. Die TanDEM-X-Waldkarte schafft damit eine wichtige Datengrundlage für die Forschung zum globalen Wandel. Darüber hinaus bietet sie vielfältige Anwendungsmöglichkeiten für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Regionalentwicklung sowie die Raumplanung. Tandem-L, ein Vorschlag für eine hochinnovative Satellitenmission, könnte globale Waldkarten künftig sogar im Wochentakt erstellen und daraus Informationen zur Höhe des Waldes, seiner Struktur und Biomasse ableiten. Mit Hilfe seiner neuartigen Bildgebungstechnologie und der daraus resultierenden gewaltigen Aufnahmekapazität ist Tandem-L dafür konzipiert, weitere dynamische Umweltprozesse auf der Erdoberfläche noch genauer als bisher zu beobachten.





Zwei Erdbeobachtungsinstrumente, die eine große Bandbreite an Geo- und Umweltdaten von der Erde liefern, sind das abbildende Spektrometer DESIS (DLR Earth Sensing Imaging Spectrometer) und der Hyperspektralsatellit EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Program). Von der Internationalen Raumstation (ISS) aus beobachtet DESIS rund um die Uhr die Erdoberfläche und liefert Informationen über den Zustand sowie die Veränderungen und Qualität von Land und Wasserflächen. Mit seiner Datenfülle ermöglicht es neue Erkenntnisse über Landwirtschaft, Biodiversität, Geologie, Wasserökosysteme und Desertifikation und ist damit ein wichtiges Instrument zum Umwelt- und Ressourcenmonitoring. Der Satellit EnMAP soll 2020 starten. Sein Hyperspektralsensor wird die Wasserqualität von Seen, den Zustand von Korallenriffen, die Nährstoffversorgung von Ackerpflanzen oder die Vitalität der Pflanzen erfassen.

Methan ist ein besonders starkes Treibhausgas. Seine Klimawirkung ist 25-mal stärker als die von Kohlenstoffdioxid. Wirkungsvolle Maßnahmen zum Klimaschutz müssen daher Methan einbeziehen. Dafür sind genaue Messungen erforderlich, die den gesamten Globus erfassen.



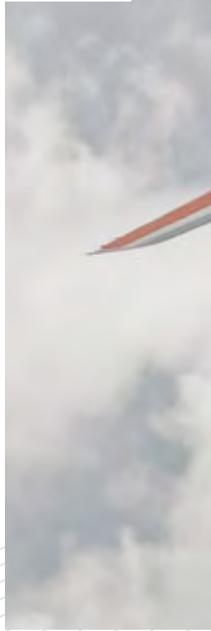
#### Satellitengestützte Erdbeobachtung zur Erforschung des globalen Wandels

- DLR-Radarsatellitenduo TerraSAR-X und TanDEM-X
- Europäische Initiative Copernicus
- Satellit BIRD zur Früherkennung von Waldbränden und anderer sogenannter Hochtemperaturereignisse
- Umweltmonitoring mit dem DLR Earth Sensing Imaging Spectrometer DESIS
- Die deutsch-amerikanische Mission GRACE Follow On vermisst das Gravitationsfeld der Erde und ermöglicht Aussagen über den Meeresspiegel und dessen Veränderungen
- Nationale Mission EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Program, Start 2020)

# DATEN FÜR DIE KLIMAFORSCHUNG

Auf europäischer Ebene tragen das Erdbeobachtungsrahmenprogramm der ESA, das europäische Copernicus-Programm, aber auch die operationellen Programme von EUMETSAT zum Verständnis des Erdsystems sowie zum Klimamonitoring bei. Die europäische Initiative Copernicus stellt mit ihrer Sentinel-Satellitenfamilie basierend auf bereits bestehenden und neuen Erdbeobachtungstechnologien operationelle Geoinformationsdienste für Umweltüberwachung und zivile Sicherheit zur Verfügung. Die Konstellationen der Sentinel-Satelliten und -Instrumente sollen für mehrere Jahrzehnte die natürlichen und von Menschen gemachten Veränderungen der Erde systematisch dokumentieren. An all diesen Programmen wirkt das DLR mit. Es entwickelt eine große Anzahl an Informationsprodukten für das Monitoring der Luftqualität, des Klimas, der UV-Strahlung und im Kontext von Naturkatastrophen.

Klimaschutz und Klimavorhersagen sind nur dann erfolgreich, wenn Messdaten über lange Zeiträume aufgenommen, archiviert und bewertet werden. Nur Zeitreihen zeichnen ein verlässliches Bild davon, wie sich unser System Erde verändert. Sie liefern Erkenntnisse für eine verlässliche Klimamodellierung auf Basis genauer Daten. Dazu benötigt man nicht nur die reinen Messdaten, sondern auch deren Synthese über größere Zeiträume. Das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum des DLR sowie die ESA-Programme Langzeitspeicherung (Long-term Data Preservation/LTDP) und Climate Change Initiative (CCI), in dem wichtige Klimavariablen systematisch berechnet werden, leisten dazu wesentliche Beiträge. Für die Prozessierung der rasant wachsenden Datenmengen forscht das DLR zudem an neuen Methoden der Bildanalyse (Künstliche Intelligenz). Um die Prozesse des Globalen Wandels zu verstehen und seine Entwicklung nachzuvollziehen, müssen Erdbeobachtungsdaten bestmöglich ausgewertet werden. Hierfür sind neben dem Prozessverständnis ebenfalls performante Algorithmen, Speicherplatz und Rechenkapazitäten notwendig.





Das DLR sichert mit dem Betrieb des Deutschen Satellitendatenarchivs (D-SDA) den langfristigen Zugang zu Daten und Produkten nationaler und internationaler Missionen. Darüber hinaus ist es weltweit führend in der Entwicklung von KI-basierten Auswertungsalgorithmen für Erdbeobachtungsdaten und baut gemeinsam mit Partnern die erforderlichen Hochleistungsrechner-Strukturen aus.

Auch die DLR-Forschungsflugzeugflotte bietet Klimaforschern leistungsfähige Plattformen. Mit ihrem Flaggschiff HALO (High Altitude and Long Range Research Aircraft) brechen DLR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler gemeinsam mit Experten weiterer Forschungseinrichtungen immer wieder zu weltweit durchgeführten Kampagnen auf, um komplexen Prozessen des Klimawandels und deren Auswirkungen, beispielsweise in der polaren Atmosphäre, auf die Spur zu kommen. So wird nach und nach verstanden, was zwischen den Atmosphärenschichten passiert.

Die jüngsten Zahlen der Vereinten Nationen zeigen, dass weltweit 135 Millionen Menschen humanitäre Hilfe benötigen. Diese Zahl steigt stetig und damit auch der Bedarf an humanitärer Hilfe. Gründe dafür sind Kriege, Naturkatastrophen, Konflikte und Migration. Der Klimawandel ist dabei ein bestimmender Faktor. Für die Arbeit in Krisen- und Katastrophengebieten brauchen Hilfsorganisationen technologische Unterstützung. Das DLR hat dafür das sogenannte „Humanitäre Technologien-Projekt“ ins Leben gerufen. Ziel ist es, DLR-Technologien zur Anwendung im humanitären Bereich zusammen zu bringen mit relevanten Akteuren und nach den jeweiligen Bedarfen.

## DER HUMANITÄT VERPFLICHTET

Daten, die von satelliten- und flugzeuggestützten Sensoren ermittelt werden, und daraus abgeleitete ortsbezogene Informationen tragen dazu bei, humanitäre Notlagen besser einzuschätzen und Hilfseinsätze zu planen. Das Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) im DLR liefert wertvolle Informationen für die schnelle Reaktion bei Schäden infolge von extremen Naturereignissen. Satellitendaten werden in kürzester Zeit aufgenommen, analysiert und zu bedarfsgerechten Karten weiterverarbeitet.

Schwellen- und Entwicklungsländer mit geringen eigenen Analyse-Kapazitäten können in Katastrophenfällen Informationen zur Unterstützung der Hilfsmaßnahmen über die internationale Charta „Space and Major Disasters“ anfordern. Die Charta ist ein internationaler Verbund von Raumfahrtorganisationen, dem auch das DLR angehört. Der Verbund stellt Katastrophenschutzbehörden und Hilfsorganisationen bei klimabedingten Naturkatastrophen Daten von Erdbeobachtungssatelliten und daraus abgeleitete Informationen schnell und unbürokratisch zur Verfügung. Das DLR engagiert sich weiterhin in Programmen der Vereinten Nationen, beispielsweise im UN-SPIDER-Programm, um den Zugang zu Weltraumdaten zu verbessern, Katastrophen vorzubeugen und sie im Ereignisfall besser zu managen.





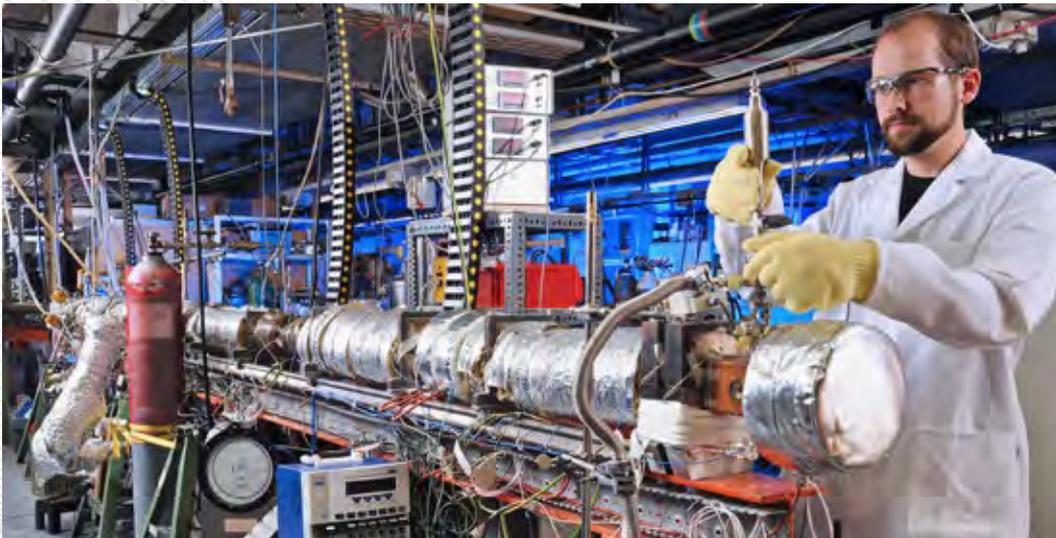
Im Rahmen des UNDP (United Nations Development Programme) beteiligt sich das DLR mit seiner Expertise aus der Erdbeobachtung sowie digitalen Werkzeugen und Dienstleistungen an der Umsetzung der weltweiten Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030. Im Kontext des globalen Wandels unterhält das DLR außerdem Kooperationen mit dem World Food Programme, der Weltbank sowie der Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

Seit vielen Jahren arbeitet das DLR eng mit nationalen Akteuren wie dem Technischen Hilfswerk (THW) oder I.S.A.R (International Search and Rescue Germany) zusammen. Die Echtzeitfunktionalität der MACS-Kamerasysteme des DLR ermöglicht es beispielsweise, ein Einsatzgebiet innerhalb weniger Minuten aus der Luft abzubilden.

# KLIMANEUTRALE HERSTELLUNG VON „GRÜNEN“ KRAFTSTOFFEN

Synthetische Kraftstoffe können in Zukunft fossile Energieträger ersetzen und deshalb eine wichtige Rolle bei der nachhaltigen Umgestaltung unseres Energie- und Mobilitätssektors spielen. Ob im Fahrzeugbereich, in der Luftfahrt, der Energiewirtschaft oder der chemischen Industrie – es gibt diverse Einsatzmöglichkeiten in vielen für die deutsche Wirtschaft bedeutenden Branchen. So können sie zu einem wichtigen Innovationstreiber werden und die globale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie stärken. Im interdisziplinär ausgerichteten Querschnittsprojekt „Future Fuels“ erforscht das DLR beispielsweise die Entwicklung und Anwendung synthetischer Kraftstoffe. Die zentrale Herausforderung besteht darin, sie klimaneutral herzustellen. Ebenso müssen ihre chemischen Eigenschaften so gestaltet werden, dass bei ihrer Nutzung keine oder zumindest wesentlich weniger Schadstoffe wie Rußpartikel und Stickoxide entstehen.

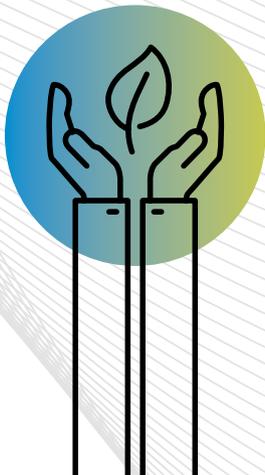
Die DLR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler untersuchen, wie synthetische Kraftstoffe mit Sonnenenergie hergestellt werden können, sogenannte Solar Fuels, und wie man diese Brennstoffe rückverstromt. Sie arbeiten an emissionsoptimierten Kraftstoffen für Verkehr und Luftfahrt (Designer Fuels) sowie an „grünen“ Treibstoffen für die Raumfahrt (Green Propellants), die das bisher verwendete, hochgiftige Hydrazin ersetzen sollen.





Sie analysieren und testen die neuen Treibstoffe – im Labor ebenso wie in Großversuchen mit speziell ausgerüsteten Anlagen, Fahr- und Flugzeugen. Wirtschaftlichkeit, Leistungsfähigkeit und Versorgungssicherheit werden bei der Entwicklung der Future Fuels ebenso mitbetrachtet wie die gesellschaftliche Akzeptanz.

**In interdisziplinären Querschnittsprojekten bündelt das DLR vorhandene Kompetenzen, um noch bessere Lösungen für Wirtschaft und Gesellschaft anzubieten. Damit fördert es die konsequente Nutzung der bestehenden Synergien und stärkt die systematische interdisziplinäre Zusammenarbeit.**



# NACHHALTIGE ENERGIE AUS REGENERATIVEN QUELLEN

Das DLR forscht daran, nachhaltigen Strom regelbar bereitzustellen. Dies erfolgt auf zwei Pfaden. Zum einen, indem erneuerbare Energiequellen kostengünstig erschlossen und mit Energiespeichern kombiniert werden. Zum anderen, indem regelbare Energiewandler, wie Gasturbinen und Brennstoffzellen, optimiert und mit klimaneutralen Brennstoffen betrieben werden. Dies können Wasserstoff oder synthetische flüssige Brennstoffe sein.

Im Fokus steht dabei die Herausforderung, aus dezentralen, wetterabhängigen Energiequellen eine stabile und effiziente Energieversorgung zu gestalten. Eine Lösung liegt in der Sektorenkopplung, also der „Verschiebung“ von Energie zwischen den Energieformen Strom, Wärme und Kraftstoffen, je nach aktueller Situation im Energiesystem. Bei einem Überangebot von Strom aus Wind und Sonne kann dieses für die Bereitstellung von Wärme oder synthetischen Kraftstoffen genutzt werden. Bei einem geringen Stromangebot können Wärme und Kraftstoffe wieder in Strom zurückgewandelt werden.

In einem Energiesystem, das sich zu einem immer größeren Teil aus fluktuierender Solar- und Windenergie speist, sind präzise Vorhersagen des Stromangebots nötig. Dafür forscht das DLR zum Thema Energie-Meteorologie.

Ein Beispiel für die Bereitstellung regelbaren Stroms ist die Forschung am DLR zu solarthermischen Kraftwerken. Diese konzentrieren Sonnenlicht über Spiegel, um hohe Temperaturen und dann über einen klassischen Dampfkraftprozess Strom zu erzeugen. Große thermische Speicher ermöglichen den Betrieb des Dampfkraftprozesses über 24 Stunden am Tag und können so zur Grundversorgung mit Strom beitragen. Solarkraftwerke sind vor allem im Sonnengürtel der Erde eine interessante Option zur Energiebereitstellung, da konzentrierende Solartechnik nicht nur zur Stromerzeugung einsetzbar ist. Solare Hochtemperaturwärme kann beispielsweise auch zur effizienten Wärmeversorgung von energiehungrigen Industrieprozessen genutzt werden.

# GROSSSPEICHER FÜR EIN ZUKUNFTSFÄHIGES ENERGIESYSTEM

Neben der Sektorenkopplung bieten Großspeicher eine Möglichkeit, Schwankungen in der Stromerzeugung auszugleichen. Solche Großspeicher könnten aus nicht mehr benötigten Kohlekraftwerken entstehen. Mit dem Konzept „Third Life für Kohlekraftwerke“ zeigt das DLR, wie Kohlekraftwerke so umgebaut werden, dass statt durch Verbrennung von Kohle die Wärme durch die Umwandlung von Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt und in Hochtemperatur-Wärmespeichern gespeichert wird. Bei Bedarf wird die gespeicherte Wärme mittels Dampferzeuger, Turbine und Generator in Strom zurückverwandelt. Ein ehemaliges Kohlekraftwerk wird somit zum Ausgleichssystem von Strom-Angebot und -Nachfrage. Der Vorteil: Die Kraftwerke verfügen bereits über die technische Infrastruktur zur Umwandlung von Wärme in Energie, den notwendigen Netzanschluss und das entsprechende Fachpersonal.

Die angestrebte Umgestaltung des Energiesystems wird von den DLR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftlern aus vielen weiteren Blickwinkeln begleitet: von einzelnen Technologien bis zum Gesamtsystem, vom Energiemanagement bis zu Systemdienstleistungen, von der Analyse des Verhaltens einzelner Akteure bis hin zur Modellierung dezentraler, vernetzter Energiesysteme. Dies alles führt zu konkreten Handlungsempfehlungen für Wirtschaft und Politik.





## Ganzheitliche Erforschung des Energiesystems

- Solarthermische Kraftwerke für 24/7 Solarstrom
- Windkraftanlagen mit leiseren und effizienteren Rotoren
- Hochtemperatur-Wärmespeicher für Kraftwerke und nachhaltige Industrieprozesse
- Stromspeicher von Wattstunden bis Gigawattstunden
- Alternative Brennstoffe für mobile und stationäre Anwendungen
- Flexible Gasturbinen für alternative Brennstoffe
- Dezentrale Kraftwerkssysteme einschließlich Kraft-Wärme-Kopplung
- Elektrolyse und Brennstoffzellen
- Modellbasierte Batterieforschung und Batterielabor
- Neue Ansätze zur intelligenten Kopplung von Strom-, Wärme- und Brennstoffbereitstellung (Sektorenkopplung)
- Energienetze für Strom und Gas
- Energiemeteorologie
- Systemanalyse und Politikberatung



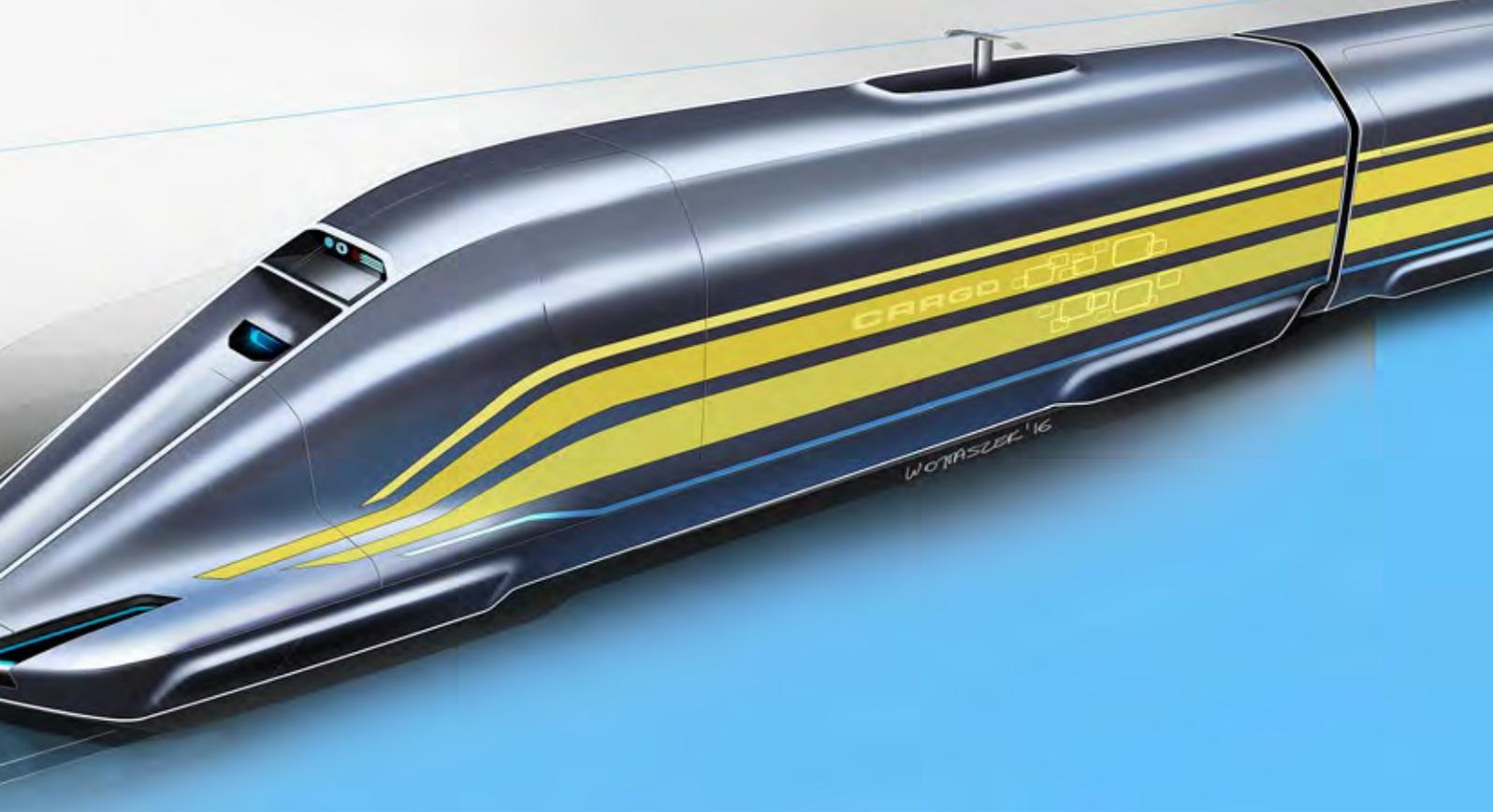
# HIGH-TECH FÜR UMWELTFREUNDLICHE FAHRZEUGE DER NÄCHSTEN GENERATION

Nachhaltige Mobilität ist ein zentrales Thema der DLR-Verkehrsforschung. Dafür arbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an alternativen Antrieben, dem Einsatz regenerativer Energien, an leichteren Strukturen, verbesserter Aerodynamik, smarter Fahrerassistenz und neuen, am Bedarf der Nutzer ausgerichteten Mobilitätskonzepten. Auf dieser Basis widmet sich das DLR auch der Übergangsphase von der fossilen zur postfossilen Mobilität.

Um die Elektromobilität zu etablieren, erfordert es mehr als nur Elektroautos. Neben der Schaffung einer Ladeinfrastruktur sind auch völlig neue Mobilitätskonzepte nötig, um die Bedürfnisse der Nutzer zu erfüllen. Durch sein breites Portfolio ist das DLR in der Lage, alle Aspekte, von neuartigen Fahrzeugen über Betriebskonzepte bis hin zur Energieerzeugung und -speicherung zu untersuchen.

Kleine, leichte, mit alternativen Antrieben ausgestattete Fahrzeuge werden neben den öffentlichen Verkehrsmitteln den innerstädtischen und regionalen Pendelverkehr prägen. Im Projekt Next Generation Car (NGC) hat das DLR ein neuartiges Konzept für Kleinfahrzeuge entwickelt: das Safe Light Regional Vehicle (SLRV). Der Schwerpunkt beim SLRV liegt darauf, eine sehr leichte Karosserie zu bauen, um so möglichst ressourcenschonend unterwegs zu sein. Neben dem SLRV gibt es zwei weitere Fahrzeugkonzepte, die ebenfalls dem Megatrend der Urbanisierung Rechnung tragen: das Urban Modular Vehicle (UMV) als modular aufgebautes Stadtauto für private wie kommerzielle Anwender sowie das für weitere Strecken zwischen Ballungsräumen entworfene Inter Urban Vehicle (IUV). Ein wichtiger Baustein ist dabei ein Netz von Ladestationen oder beispielsweise Wasserstofftankstellen, das den technischen Gegebenheiten von Fahrzeugen mit neuen Antriebskonzepten entspricht. Beim Bestimmen des Bedarfs an neuen Infrastrukturen berücksichtigen die Forscherinnen und Forscher sowohl technische Parameter, wie die erforderlichen Reichweiten von unterschiedlichen Fahrzeugen, als auch das Nutzerverhalten.





Ein wichtiger Schritt zu umweltverträglicher Mobilität ist die Verlagerung von Verkehr auf die Schiene. Dafür muss der Schienenverkehr künftig effizienter werden. Im Projekt Next Generation Train (NGT) hat sich das DLR zum Ziel gesetzt, eine Verkürzung der Reise- und Transportzeiten bei geringem spezifischen Energiebedarf, Lärmreduktion, Komfortsteigerung, Verbesserung der Fahrsicherheit und Verringerung des Verschleißes sowie der Lebenszykluskosten zu erreichen. Darauf basierend wurde die NGT-Familie entwickelt. Der Hochgeschwindigkeits-Triebwagenzug (HST) soll zukünftig mit Fahrplan-Geschwindigkeiten bis 400 Stundenkilometer auf Hochgeschwindigkeitshauptstrecken verkehren. Ergänzt wird er durch einen bis zu 230 Stundenkilometer schnellen Intercity-Triebwagenzug (LINK), der die Fahrgäste aus dem Umland an die Knotenbahnhöfe der Hochgeschwindigkeitsstrecke des HST befördert. Komplementär wird derzeit ein autonomer Triebwagengüterzug (CARGO) samt zugehörigem Logistikkonzept entwickelt, der in das Betriebskonzept der Personentriebezüge integriert werden kann.

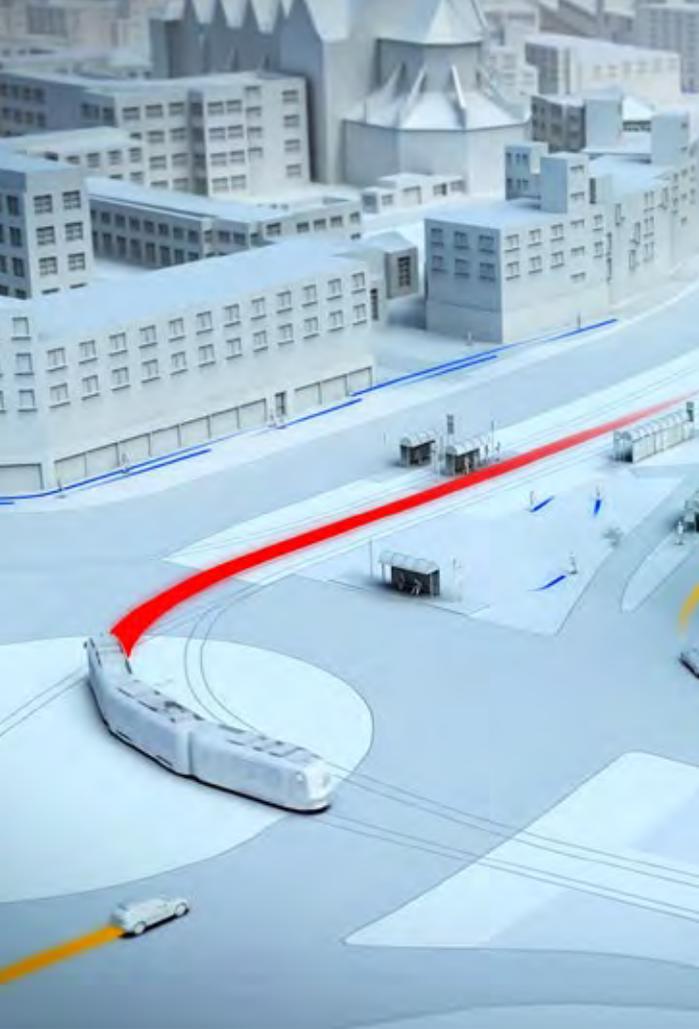


# EFFIZIENTER VERKEHR DURCH AUTOMATISIERUNG

Ein anderer Weg, um Verkehrsemissionen zu reduzieren, führt über die Automatisierung und intelligente Steuerung des Verkehrs. Automatisiertes und vernetztes Fahren verändert unsere Mobilität grundlegend. Es kann nicht nur die Sicherheit der Mobilität erhöhen, vor allem lassen sich damit auch negative Umweltwirkungen des Verkehrs verringern, und auch gänzlich neue Mobilitätskonzepte werden möglich. Dadurch können wir unsere Zeit anders planen und nutzen, Strecken- und Parkkapazitäten werden besser ausgenutzt, die Anzahl der Staus kann verringert werden. Eine zunehmende Automatisierung im Schienenverkehr bietet gleichzeitig das Potenzial, mehr Güterverkehr von der Straße auf die Schiene zu verlagern. Außerdem kann durch effizientere Logistikplanung das gesamte Güterverkehrsaufkommen reduziert werden. Das DLR entwickelt Technologien für automatisiertes Fahren und gestaltet damit Fahrzeug- und Mobilitätskonzepte sowie Szenarien für seine erfolgreiche Einführung. Außerdem bewertet das DLR die Nutzerakzeptanz und Veränderungen beim Mobilitätsverhalten. Für die Untersuchung des Mobilitätsverhaltens betreibt das DLR das MovingLab. Ziel des MovingLab ist die einfache und schnelle Bereitstellung von Daten zu Mobilitätsgewohnheiten von Menschen oder den Nutzungsmustern von Fahrzeugen. Damit sollen sowohl politische Entscheidungen unterstützt als auch Beiträge für die Grundlagenforschung geleistet werden. Es wird eine hohe Flexibilität angestrebt hinsichtlich der Dauer und Art der Erhebung sowie der Anzahl und der Eigenschaften der Befragten. Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, eine Anpassung an spezifische Projektbedürfnisse und Fragestellungen vorzunehmen.

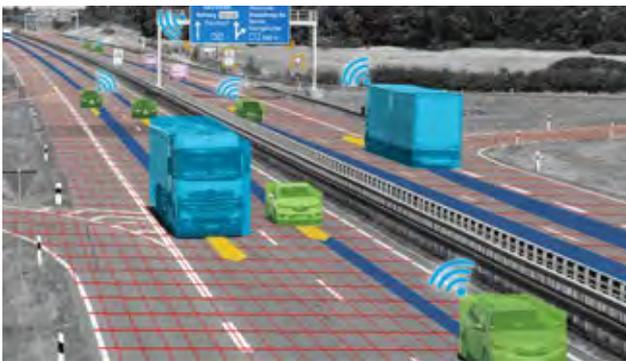
Zur Erprobung automatisierter Fahrfunktionen hat das DLR gemeinsam mit regionalen und nationalen Partnern das Testfeld Niedersachsen aufgebaut. Dort testet es im realen Umfeld der Stadt Braunschweig und umliegender Regionen intelligente Mobilitätsdienste der Zukunft. Auf insgesamt 280 Kilometern Strecke beobachten und analysieren die Forscherinnen und Forscher den Verkehr mit einem leistungsfähigen Instrumentarium. Auf dieser Grundlage simulieren sie Verkehrsflüsse und testen Maßnahmen zu deren Beeinflussung. So hat das DLR unter anderem neue intelligente Steuerungsverfahren für Ampeln entwickelt. Diese können Wartezeiten an Kreuzungen um bis zu 40 Prozent gegenüber dem Status quo reduzieren und damit unmittelbar Kraftstoffverbrauch und Emissionen vermindern.





## Systemische Betrachtung von Mobilität und Verkehr

- Fahrzeugkonzepte und Leichtbau, z. B. auf Basis von Faserverbundwerkstoffen
- Systeme für Fahrerassistenz und Automation
- Entwicklung von Technologien für Straßenfahrzeuge der übernächsten Generation
- Technologische Weiterentwicklung von Schienenfahrzeugen
- Bordstromerzeugung aus Abwärme
- Cleveres Verkehrsmanagement und intelligente Ampelsteuerung
- Analyse von Nutzeranforderungen und -verhalten, u. a. bei Elektromobilität
- Modale und multimodale Mobilitäts- und Verkehrskonzepte
- Interaktion von Verkehrs- und Energiesystemen
- Systemanalyse zur Politikberatung



# DIE DLR-VISION FÜR DIE ZUKUNFT DER LUFTFAHRT: DAS ZERO EMISSION AIRCRAFT

Die DLR-Luftfahrtforschung trägt dazu bei, die Klimawirkung des Luftverkehrs zu minimieren. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten an der Verbesserung aktueller Flugzeuge und ihres Betriebs, unter anderem durch bessere Antriebe, aerodynamische Optimierung und neue Materialien. In Verbindung mit einer optimierten Flugführung werden heute bereits klimawirksame Effekte reduziert.

Das größte Potenzial, die Klimawirkung des Luftverkehrs kurzfristig deutlich zu verringern, bieten derzeit alternative Treibstoffe. Im Gegensatz zu konventionellem Kerosin kann die chemische Zusammensetzung bei synthetischen Treibstoffen durch entsprechende Herstellungsverfahren kontrolliert werden. Synthetische Treibstoffe weisen bessere Verbrennungseigenschaften auf und können dadurch die Bildung von Kondensstreifen reduzieren. Denn die Veränderung der Bewölkung durch Kondensstreifen-Zirren gilt als ein wichtiger Klimaeffekt des Luftverkehrs. Von Grundlagenversuchen bis hin zu Flugtests – das DLR forscht an der Entwicklung von Technologien für die Erzeugung und Nutzung alternativer Treibstoffe und deren Einfluss auf die Atmosphäre.

Für einen umweltverträglichen Luftverkehr von morgen sind mittelfristig außerdem neue Flugzeugkonfigurationen gefragt, die mit deutlich geringeren Emissions- und Lärmbelastungen kommerziell erfolgreich betrieben werden können. Elektrische oder hybrid-elektrische Antriebe haben das Potenzial, diese Anforderungen zu erfüllen. Auf europaweit einmalige Weise bündelt das DLR die grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung auf diesem Gebiet, damit E-Flugzeuge auf Kurz- und Mittelstrecke in naher Zukunft starten können. Das DLR bringt alle für die Elektrifizierung des Luftverkehrs notwendigen Kompetenzen zusammen: von der Expertise im Bereich elektrischer Antriebe, über die Erforschung von Batterie- und Brennstoffzellentechnologien, die Integration alternativer Antriebssysteme ins Flugzeug oder die Flugerprobung bis hin zur Bewertung des Gesamtsystems. Mit dem ersten Passagierflugzeug mit Wasserstoff-Brennstoffzellen-Antrieb, der HY4, hat es bereits einen wichtigen Meilenstein bei der Entwicklung innovativer Antriebstechnologien erreicht. Ziel des DLR ist es nun, seine Forschungsflotte um ein weiteres Versuchsflugzeug – den Electric Flight Demonstrator – zu erweitern und die Möglichkeit des elektrischen Fliegens an einem Flugzeug für bis zu 19 Passagiere zu untersuchen.





Die DLR-Vision für die Zukunft der Luftfahrt ist das Zero Emission Aircraft – ein Flugzeug, das sich durch einen klima-neutralen Produktlebenszyklus auszeichnet, das heißt von Entwurf über Produktion bis hin zu Betrieb, Wartung und schließlich Außerdienststellung. Um diesen Prozess effizienter zu gestalten, spielt die durchgängige Digitalisierung der Luftfahrt eine wesentliche Rolle: Sie beschleunigt die Innovationsgeschwindigkeit und ermöglicht die schnellere Marktverfügbarkeit neuer Technologien. In diesem Zusammenhang forscht das DLR am sogenannten virtuellen Produkt – der durchgehenden Digitalisierung eines Flugzeugs entlang seines Lebenszyklus. Damit können ökonomische und ökologische Auswirkungen über den gesamten Lebenszyklus frühzeitig und umfassend prognostiziert und bewertet werden. Darüber hinaus können die Potenziale neuer Technologien für einen umweltfreundlicheren und wirtschaftlicheren Luftverkehr identifiziert und deren Einführung beschleunigt werden.

### 360°-Betrachtung für eine nachhaltige Luftfahrt

- Steigerung der Öko-Effizienz von Flugzeugen durch aerodynamische Leistungssteigerung
- Leistungsfähigere, neue Luftverkehrskonzepte
- Flugroutenoptimierung gemäß meteorologischer Gegebenheiten im Sinne öko-effizienten Fliegens
- Forschung zum Verständnis der Wirkung von Wetter und Emissionen auf Kondensstreifen, Eiswolken und Klima
- Untersuchung der Möglichkeiten des elektrischen Fliegens an einem Flugzeug der Commuter-Klasse
- Vereinheitlichung des europäischen Luftraums für den effizienten und emissionsarmen Flugverkehr
- Virtualisierung von Entwurfs-, Entwicklungs-, Test-, Herstellungs- und Betriebsprozessen
- Lebenszyklusmanagement und Technologiebewertung für neue Flugzeugkonzepte

# DLR-FORSCHUNG FÜR DIE NACHHALTIGKEIT

Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung wurde im September 2015 auf einem Gipfel der Vereinten Nationen von allen Mitgliedsstaaten verabschiedet. Sie schafft die Grundlage dafür, weltweiten wirtschaftlichen Fortschritt im Einklang mit sozialer Gerechtigkeit und im Rahmen der ökologischen Grenzen der Erde zu gestalten.

Kernstück der Agenda, die für alle Staaten dieser Welt gilt, ist ein Katalog mit 17 Zielen für nachhaltige Entwicklung, den Sustainable Development Goals (SDGs). Dabei gibt es fünf handlungsleitende Prinzipien: Mensch, Planet, Wohlstand, Frieden und Partnerschaft.

Forschung, Technologieentwicklung und Innovation sind als wichtige Elemente zur Zielerreichung der SDGs und der Implementierung der Agenda 2030 festgelegt. Hier liegt ein wichtiger Auftrag auch für das DLR: gemeinsam mit Partnern Wissen und Technologien für nachhaltige Entwicklung und für die Zielerreichung der SDGs bereitzustellen und in die Nutzung zu bringen. Dafür hat das DLR die Initiative SDGs@DLR gestartet, eine systematische Erfassung der Forschungsexpertise und der Forschungsergebnisse mit Relevanz für die SDGs, einer Analyse an Bedarfen und Anforderungen, die durch lösungsorientierte angewandte Forschung adressiert werden können sowie einer Akteursanalyse. Das DLR trägt in der Forschung und mit seiner Systemkompetenz zu den meisten SDGs bei, vor allem aber zu SDG 7 (Energie), 9 (Industrie, Innovation und Infrastruktur), 11 (nachhaltige Städte und Gemeinden) und 13 (Maßnahmen zum Klimaschutz).

Um die Agenda 2030 in Deutschland umzusetzen, hat die Bundesregierung bereits 2002 eine Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie erarbeitet, die 2017 anhand dieser 17 Ziele überarbeitet und verabschiedet wurde.

**Im Jahr 2019 hat die Bundesregierung das Klimapaket verabschiedet, in dem „Investitionen in Forschung und Entwicklung“ als wichtiger Bereich für die Erreichung der Klimaziele festgelegt wurde.**





Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) leistet mit seiner großen Bandbreite an Aktivitäten in der ingenieurwissenschaftlichen Forschung bereits seit Jahrzehnten gemeinsam mit seinen nationalen und internationalen Partnern aus Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft wichtige Beiträge für eine nachhaltige Entwicklung. Das DLR bekennt sich dazu, seine Forschungs- und Entwicklungsarbeit in seinen Schwerpunkten Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr für die Bewältigung der drängenden globalen Herausforderungen zu nutzen. Kompetenz und Reputation des DLR in der Forschungsförderung, Regierungsberatung, bei Dialogprozessen zwischen Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft sowie in der internationalen Zusammenarbeit tragen ergänzend dazu bei, dem Ziel einer nachhaltigen Entwicklung auf unserer Erde näher zu kommen.



# ANTWORTEN AUS DER FORSCHUNG

Der Klimawandel stellt eine hochkomplexe und vielschichtige Herausforderung dar. Im Sinne der Generationengerechtigkeit bedarf es eines gesamtgesellschaftlichen Transformationsprozesses, der keinen Aufschub duldet. Dieser kann nur gelingen, wenn den Entscheidungsträgern aus Politik, Gesellschaft und Wirtschaft wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse zur Verfügung stehen. Dafür schafft das DLR die Basis und ist der ideale und neutrale Ansprechpartner für diese Fragen. Das DLR verbindet tiefgreifende ingenieurwissenschaftliche Kompetenz aus den für den Klimawandel zentralen Themenfeldern Energie, Mobilität am Boden, im Wasser und in der Luft, Raumfahrt und Digitalisierung mit einer übergreifenden und systemischen Betrachtungsweise. Dabei erweitert das DLR den Blick auf zentrale Aspekte des Innovationssystems, indem es Forschung, Forschungsförderung und den Wissens- und Technologietransfer in die Wirtschaft unter einem Dach vereint. Als Basis seiner exzellenten Forschung verfügt das DLR über modernste Infrastrukturen und Großanlagen wie eine Flotte von Forschungsflugzeugen und Satelliten, thermische Energiespeicher, Versuchsanlagen für den Verkehr in Städten, auf Bundesstraßen und Autobahnen. Gemeinsam mit Partnern baut es überdies für die immer wichtiger werdenden KI-Anwendungen seine Hochleistungsrechner-Strukturen aus.

**Die 8.700 Mitarbeitenden des DLR haben eine gemeinsame Mission: Mit systemischem Wissen über unsere Erde, das Sonnensystem sowie technische Systeme entwickeln sie interdisziplinär und mit nationalen und internationalen Partnern Technologien und Konzepte für eine nachhaltige Zukunft.**

# DLR – KOMPETENTER BERATER FÜR DIE POLITIK

## **Köln**

Sitz des Vorstands  
Porz-Wahnheide  
Linder Höhe  
51147 Köln  
Telefon: +49 2203 601-0

## **Büro Berlin-Mitte**

Markgrafenstraße 37  
10117 Berlin  
Telefon: +49 30 67055-470

## **Büro Brüssel**

Rue du Trône 98  
1050 Brüssel, Belgien  
Telefon: +32 2 50008-4

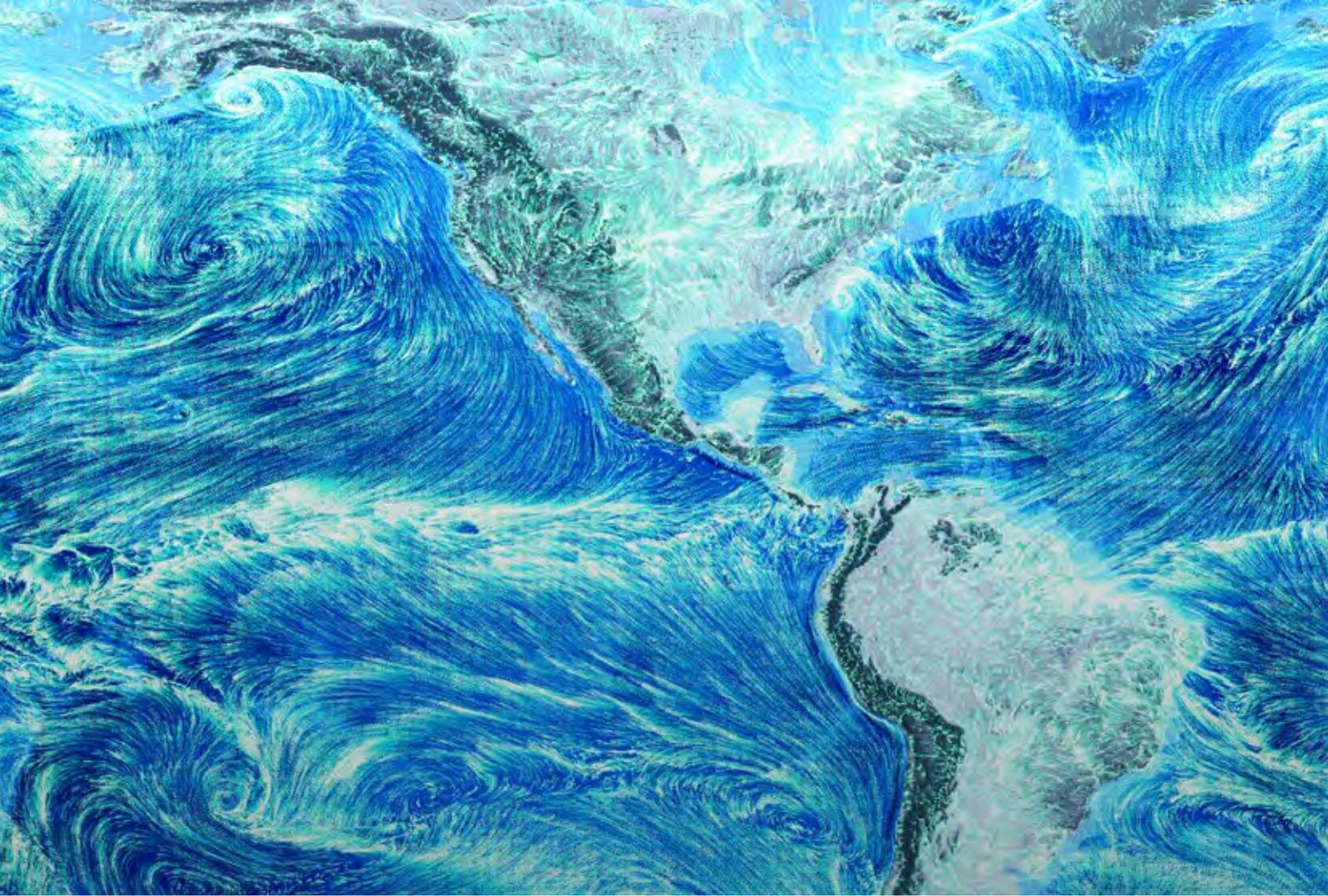
**DLR.de**

## **Impressum:**

herausgegeben vom  
Deutschen Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt (DLR)  
Linder Höhe  
51147 Köln  
Telefon: +49 2203 601-0  
E-Mail: info@dlr.de

## **Bilder**

Titel: DLR  
S. 2 und 3: DLR  
S. 4 und 5: DLR (CC-BY 3.0)  
S. 6 und 7: DLR  
S. 8 und 9: DLR/Minikin (CC-BY 3.0)  
S. 10 und 11: DLR/Marek Kruszewsk  
S. 12 und 13: DLR (CC-BY 3.0) /  
DLR/Hauschild (CC-BY 3.0)  
S. 14 und 15: DLR/Ernsting / DLR/Lannert  
S. 16 und 17: DLR / DLR (CC-BY 3.0)  
S. 18 und 19: DLR (CC-BY 3.0)  
S. 20 und 21: DLR / DLR (CC-BY 3.0)  
S. 22 und 23: DLR (CC-BY 3.0)  
S. 24 und 25: iStock 508342626 © Xurzon



Das DLR – ein starker Partner  
für den Klimaschutz



**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt**

Gefördert durch:



**Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie**

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages