

**DATEN BESSER NUTZEN**  
**VERANTWORTUNGSBEWUSST TECHNIK ENTWICKELN**  
**SICHEREN VERKEHR ERMÖGLICHEN**  
**KOMPLEXES WISSEN STRUKTURIEREN**  
**MENSCH-MASCHINE-KOOPERATION OPTIMIEREN**  
**AUTOMATISIERUNG BESSER STEuern**  
**BETRIEBSSICHERHEIT WAHREN**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

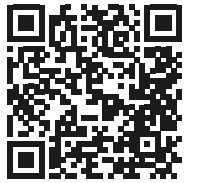
**KÜNSTLICHE  
INTELLIGENZ IM DLR  
FORSCHUNG  
FÜR DEN STANDORT  
DEUTSCHLAND**



Künstliche Intelligenz ist seit vielen Jahren ein wichtiger Bestandteil der Forschung im DLR. Interdisziplinäre Kompetenzen, wegbereitende Großanlagen und diese langjährige KI-Erfahrung prädestinieren das DLR dafür, seine Expertise in zentrale Forschungsfelder der nationalen und europäischen KI-Forschungslandschaft einzubringen. Dabei bestehen die Hauptkompetenzen des DLR in der fundierten Auswahl, dem kreativen und neuartigen Einsatz sowie der gezielten Weiterentwicklung von KI-Methoden für zahlreiche industrie- und gesellschaftsrelevante Anwendungsfälle – etwa bei der Erdbeobachtung, in der Robotik, der Energieforschung, bei der Entwicklung von Assistenzsystemen in der Luftfahrt oder im Verkehrsmanagement und automatisierten Fahren. Durch dieses einzigartige Kompetenzportfolio ermöglicht das DLR Innovationen, trägt zu einem direkten Transfer wegweisender Technologien in die Wirtschaft bei, macht Daten nutzbar und fördert die Bildung im Bereich KI – ganz im Sinne der nationalen KI-Strategie. Künstliche Intelligenz ist kein Universalrezept, sondern ermöglicht zweckbezogen smarte Lösungen vieler aktueller Herausforderungen. Hierfür leistet das DLR einen wichtigen Beitrag. Die vorliegende Broschüre gibt Ihnen einen Überblick über die KI-Forschung und ihre Anwendungsfelder im DLR.

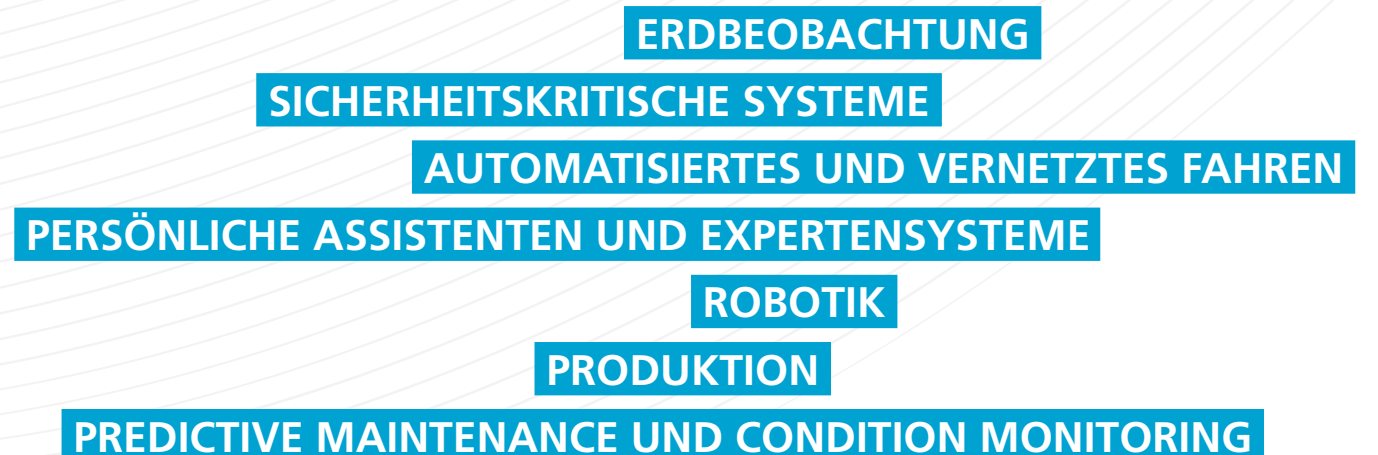
Prof. Dr. Pascale Ehrenfreund, Vorstandsvorsitzende des DLR

Unter „Künstlicher Intelligenz“ (KI) werden verschiedene Methoden aus der Informatik zusammengefasst, die geeignet sind, Teilprozesse des menschlichen Denkens zu automatisieren. **Das DLR wirkt bereits langjährig daran mit, KI-Methoden für immer mehr Anwendungsfelder weiterzuentwickeln.** In der jüngsten Vergangenheit hat dieses Forschungsfeld einen starken Aufschwung erfahren. Durch neue, hochentwickelte Möglichkeiten, große Mengen Daten zu erfassen, zu sammeln und mit hoher Rechenleistung auszuwerten, ergeben sich zunehmend mehr Anwendungsgebiete.



Im Querschnittsbereich Digitalisierung bündelt das DLR seine diesbezüglichen Forschungsaktivitäten und -kompetenzen.

## AUSGEWÄHLTE ANWENDUNGSFELDER UND KI-AKTIVITÄTEN IM DLR IM ÜBERBLICK



# DAS DEUTSCHE ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt und für die Bereiche Energie, Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung.

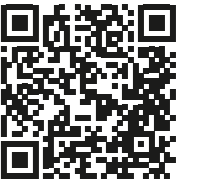
Seine Arbeiten sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Neben eigener Forschung ist das DLR als Raumfahrtagentur im Auftrag der Bundesregierung dafür zuständig, die Raumfahrtaktivitäten Deutschlands zu planen und umzusetzen. Zudem fungiert es als Dach für zwei Projektträger zur Forschungsförderung.

In seinen derzeit 20 Standorten beschäftigt das DLR circa 8.200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Außerdem hat das DLR Auslandsbüros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.



- RAUMFAHRT
- ENERGIE
- PROJEKTTRÄGER
- LUFTFAHRT
- DIGITALISIERUNG
- SICHERHEIT
- VERKEHR
- RAUMFAHRTMANAGEMENT

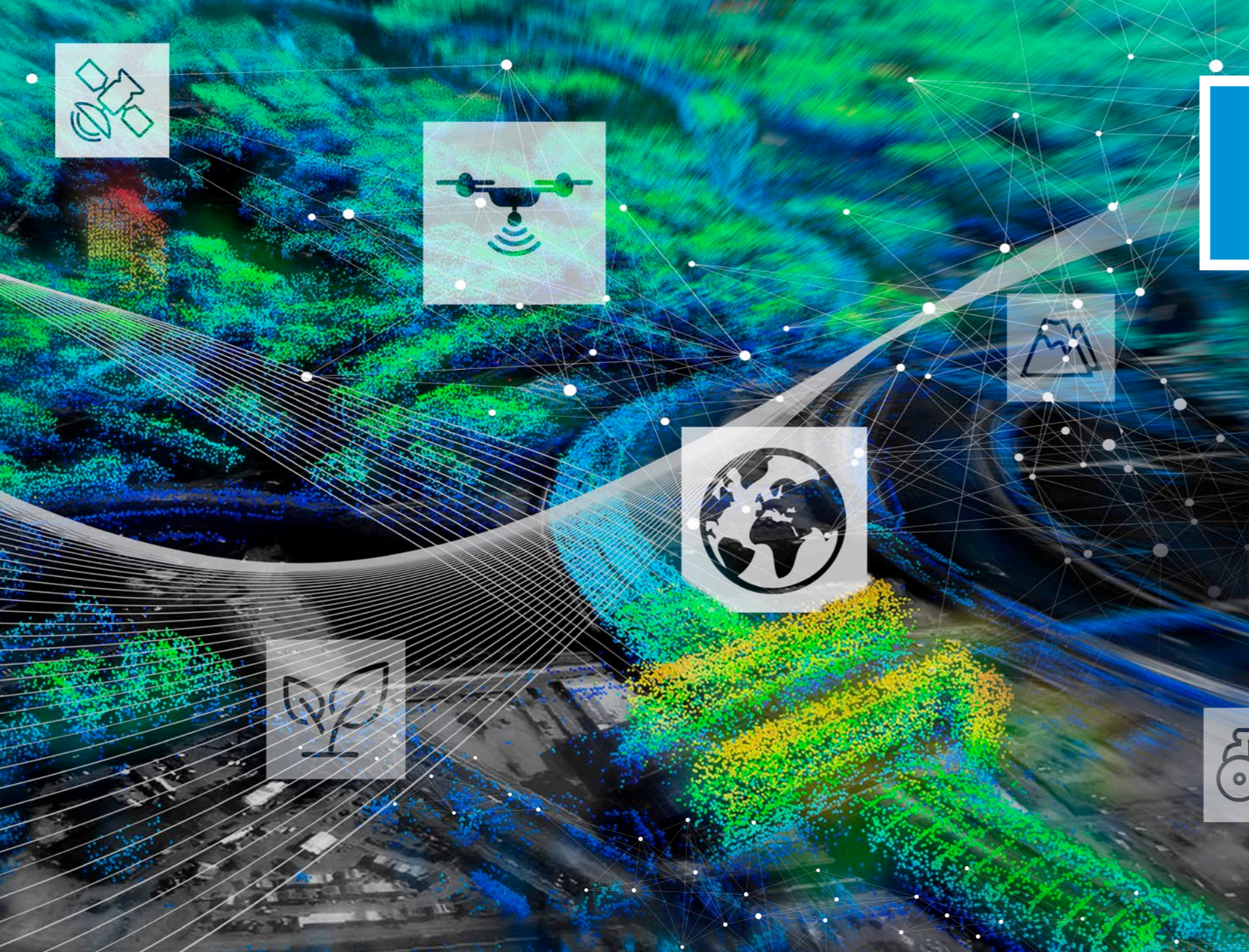
Unter „Künstlicher Intelligenz“ (KI) werden verschiedene Methoden aus der Informatik zusammengefasst, die geeignet sind, Teilprozesse des menschlichen Denkens zu automatisieren. **Das DLR wirkt bereits langjährig daran mit, KI-Methoden für immer mehr Anwendungsfelder weiterzuentwickeln.** In der jüngsten Vergangenheit hat dieses Forschungsfeld einen starken Aufschwung erfahren. Durch neue, hochentwickelte Möglichkeiten, große Mengen Daten zu erfassen, zu sammeln und mit hoher Rechenleistung auszuwerten, ergeben sich zunehmend mehr Anwendungsgebiete.



Im Querschnittsbereich Digitalisierung bündelt das DLR seine diesbezüglichen Forschungsaktivitäten und -kompetenzen.

## AUSGEWÄHLTE ANWENDUNGSFELDER UND KI-AKTIVITÄTEN IM DLR IM ÜBERBLICK

- ERDBEOBACHTUNG
- SICHERHEITSKRITISCHE SYSTEME
- AUTOMATISIERTES UND VERNETZTES FAHREN
- PERSÖNLICHE ASSISTENTEN UND EXPERTENSYSTEME
- ROBOTIK
- PRODUKTION
- PREDICTIVE MAINTENANCE UND CONDITION MONITORING



# KÜNSTLICHE INTELLIGENZ FÜR DIE ERDBEOBACHTUNG: DATEN BESSER NUTZEN

Die durch KI gewonnenen Geoinformationen und das daraus resultierende Wissen sind wichtig für die **Erforschung des Erdsystems** und des globalen Wandels. Gleichzeitig sind diese Daten von **hohem wirtschaftlichem und staatlichem Nutzen**. Regional- und Stadtplanung, Landwirtschaft und Ressourcenmanagement sind heute ebenso auf hochwertige Informationen aus Satelliten-Daten angewiesen wie sicherheitsrelevante Bereiche. Dazu gehören die Frühwarnung vor Naturgefahren, das Krisen- und Katastrophenmanagement, die Überwachung des Zustands baulicher Infrastrukturen oder die maritime Sicherheit. Das DLR arbeitet an zahlreichen KI-basierten Lösungen in diesem Bereich, etwa bei Geodatenbanken für Verkehrs- und Ballungsräume, Methoden der Feuer-Fernerkundung, der Kartierung von Meeres- und Waldflächen, der Entwicklung kognitiver Radarsysteme oder der Klimamodellierung.

Diese neue Ära der Erdbeobachtung stellt große Herausforderungen an das Datenmanagement und an die Auswertungsalgorithmen. Das DLR befasst sich seit vielen Jahren intensiv mit der **Entwicklung von KI-Algorithmen für die Erdbeobachtung** und ist heute international anerkannter Pionier auf diesem Gebiet. Gerade **Verfahren des Maschinellen Lernens mit tiefen neuronalen Netzwerken**, das sogenannte Deep Learning, werden für eine Vielzahl von geo-relevanten Analysefragen erfolgreich entwickelt und sind vielfach prämiert worden.

Mit der Gründung eines neuen Instituts in Jena wird das DLR seine Expertise in den Themen Datenwissenschaften und -visualisierung weiter stärken.



# KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN SICHERHEITSKRITISCHEN SYSTEMEN: VERANTWORTUNGSBEWUSST TECHNIK ENTWICKELN

Ob sich die Künstliche Intelligenz in zivilen Technologiefeldern wie Luftfahrt, automatisierter und vernetzter Mobilität, Industrie 4.0 oder intelligenten, dezentralen Energienetzen durchsetzt, wird maßgeblich davon abhängen, ob diese KI-Systeme mindestens die gleichen Sicherheitsanforderungen wie klassische Systeme erfüllen. Diese Grundvoraussetzung gilt gleichermaßen für die Betriebssicherheit wie Angriffssicherheit. Das DLR verfügt mit seiner Expertise und Erfahrung an der Schnittstelle von Digitalisierung und Sicherheit über eine **hervorragende strategische Ausgangsposition, um bei sicheren KI-Systemen europäische Spitzenforschung zu betreiben.**

In der Luft- und Raumfahrt gibt es ein stark ausgeprägtes, wissenschaftlich tradiertes Sicherheitsdenken, einschließlich umfassender Kompetenzen und Erfahrungen im Nachweis sicherheitskritischer Soft- und Hardwaresysteme. Daher erfolgt auch die Anwendung und Entwicklung von KI-Algorithmen im DLR gezielt **mit einer kritischen Reflexion und Prüfung vor dem Hintergrund substanziellen Wissens über physikalische Zusammenhänge.**

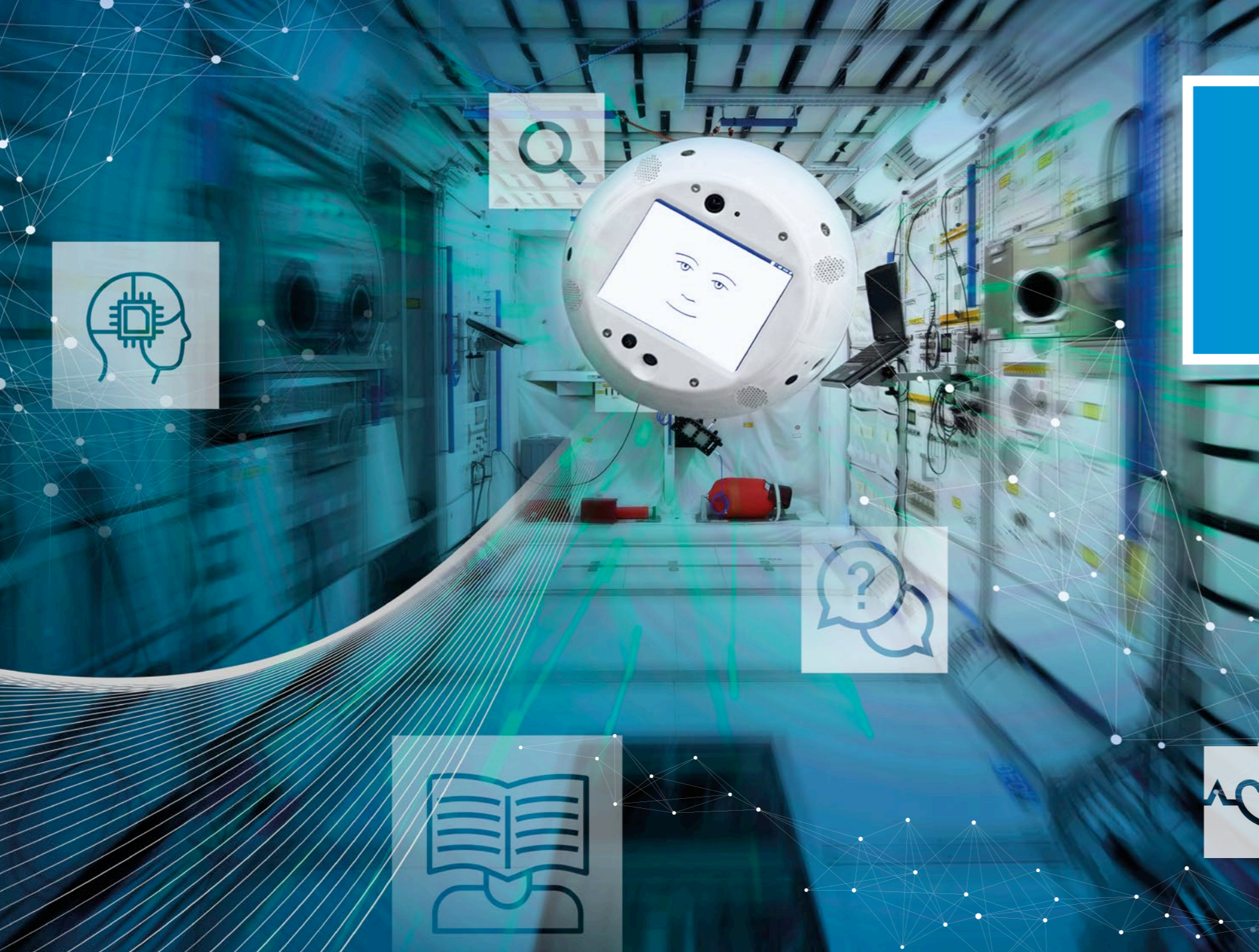
# KÜNSTLICHE INTELLIGENZ FÜR AUTOMATISIERTES UND VERNETZTES FAHREN: SICHEREN VERKEHR ERMÖGLICHEN

Das automatisierte und vernetzte Fahren entwickelt sich zu einem zentralen Baustein unserer Mobilität. KI-Technologien sind ein Schlüssel für die Weiterentwicklung in diesem Bereich. Das DLR forscht in diesem Kontext am **intelligenten Verkehrsmanagementsystem** und der präzisen dreidimensionalen **digitalen Abbildung von Verkehrswegen**, um dem autonomen Fahrzeug einen Abgleich seiner sensorgenerierten Umgebungsdaten zu ermöglichen. Damit wird die Sicherheit dieser Systeme erhöht.

Das DLR verfügt national wie international über **langjährige grundlagen- und anwendungsorientierte Forschungserfahrung** und ist zudem sehr gut mit der Fahrzeugindustrie und den relevanten Branchenverbänden vernetzt, beispielsweise im BMWi-Leuchtturmprojekt „Pegasus“ oder der BMBF-Plattform „Selbstlernende Systeme“.

Darüber hinaus betreibt das DLR **Großforschungsanlagen**, etwa die Anwendungsplattform für Intelligente Mobilität für den Stadtverkehr oder das Testfeld Niedersachsen für Autobahnen und Bundesstraßen. Diese Anlagen liefern sogenannte Ground-Truth-Daten für Lernverfahren sowie zur Validierung KI-basierter Komponenten. Damit ist das DLR ein prädestinierter Partner zur Bereitstellung einer Referenzdatenbank für das Training und den Funktionsnachweis von KI-Algorithmen im Kontext des automatisierten und vernetzten Fahrens.





# KÜNSTLICH INTELLIGENTE PERSÖNLICHE ASSISTENTEN UND EXPERTENSYSTEME: KOMPLEXES WISSEN STRUKTURIEREN

Bei Intelligenten Persönlichen Assistenten (IPA) liegt der Fokus auf der **Unterstützung des Menschen.** Zentrale Voraussetzung ist die Fähigkeit, sprachliche Eingaben des Menschen zu verstehen, zu verarbeiten und dann eigenständig zu agieren oder Lösungen vorzuschlagen. Moderne Verfahren der Spracherkennung greifen dazu auf verschiedene Ansätze aus dem Bereich des Maschinellen Lernens zurück. Dabei bilden IPA oft nur die Mensch-Maschine-Schnittstelle zu dahinter liegenden technischen Systemen beziehungsweise Geräten.

Ergänzt werden diese IPA oft durch sogenannte **Wissensbasierte Systeme,** in denen das Wissen von menschlichen Fach-Experten logisch verknüpft und abrufbar gespeichert wird. Das **DLR forscht seit vielen Jahren an Lösungen für verschiedene Anwendungsbereiche,** zum Beispiel zur Unterstützung von Astronauten, Piloten oder Lotsen. Dabei kann die zugrunde liegende KI-Technologie auch für andere Felder genutzt werden, bei denen komplexes Wissen die Grundlage für Entscheidungen liefert, etwa in der Medizin.

# KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN DER ROBOTIK: MENSCH-MASCHINE- KOOPERATION OPTIMIEREN

Wenngleich vollständig autonome Roboter noch einige Zeit Fiktion bleiben werden, gibt es bereits heute eine Reihe von Autonomiestufen, die in wissenschaftlich und wirtschaftlich relevanten robotischen Systemen zur Anwendung kommen. In zahlreichen Anwendungsgebieten kann das DLR auf eine langjährige Erfolgsbilanz zurückblicken und ist sogar **weltweit führend**, so zum Beispiel in der Entwicklung **humanoider Roboter wie JUSTIN** oder im Bereich der **Chirurgie-Roboter**, wie etwa dem inzwischen erfolgreich lizenzierten **MIRO**.

Ein wichtiges KI-Forschungsziel im DLR ist es, Robotern das Wissen über ihre eigenen Fähigkeiten zu vermitteln. Dieser Ansatz wird auch in der **Servicerobotik** für Menschen in Lebenssituationen mit Einschränkungen erforscht. Hierbei spielt die **Teilautonomie** eine wichtige Rolle: Der Roboter erkennt die Aufgabe, die der Mensch erledigen möchte und kann das Erreichen des Ziels mit seinen Fähigkeiten unterstützen. Diese unterstützende Teilautonomie wird von Menschen mit Behinderungen als viel angenehmer empfunden als voll-autonom agierende Roboter, die den Menschen bevormunden.

Für die **gelungene Mensch-Maschine-Kooperation** in Industrie 4.0 oder Medizin und Pflege wurde vom DLR auch der Grundstein für eine feinfühligere Leichtbaurobotik erarbeitet. Diese Technologie hat inzwischen zu einer prämierten Ausgründung und erfolgreichen Lizenzierung geführt.







# KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN DER PRODUKTION: AUTOMATISIERUNG BESSER STEUERN

Industrie 4.0 baut auf die Idee des Internets der Dinge auf und meint im Wesentlichen die hochautomatisierte und vernetzte Produktion. Damit besteht eine enge Verbindung zu KI, da das Zusammenspiel dieser großen komplexen Systeme und die daraus resultierenden großen Datenmengen nicht mehr durch Menschen überwacht und gesteuert werden können.

Bei der Nutzung robotischer Systeme in der Produktion stehen im DLR derzeit zwei Themen im Fokus: Dies ist einerseits die **automatische Erkennung und Lageschätzung**. Hierbei kommt es darauf an, möglichst viele verschiedene Bauteile zuverlässig und schnell zu erkennen und ihre genaue Position so zu bestimmen, dass ein Roboterarm, der auf einer mobilen Plattform montiert ist, diese greifen kann. In diesem Kontext konnte das DLR substantielle Fortschritte erzielen, indem ein Ansatz aus dem Bereich des tiefen Lernens, dem sogenannten Deep Learning, umgesetzt wurde. Der Lernprozess des robotischen Systems ist dabei vollkommen autonom.

Im Fokus steht andererseits **die Vernetzung unterschiedlicher Systeme im Sinne von Industrie 4.0**. Hier konnten die Effizienz und Intelligenz der Mensch-Maschine-Interaktion mit dem DLR-Leichtbauroboter SARA verbessert und neue Anwendungsszenarien in der vernetzten Produktion ermöglicht werden. Mit der Software RAFCON entwickelt das DLR zudem eine **Open-Source-Lizenz** für Aufgabenprogrammierung und semantisches Loggen. Hier ist das Ziel, eine Plattform für Roboterfähigkeiten kostenfrei anzubieten.



# KÜNSTLICHE INTELLIGENZ FÜR PREDICTIVE MAINTENANCE UND CONDITION MONITORING: BETRIEBSSICHERHEIT WAHREN

Bei Predictive Maintenance geht es um die **vorausschauende Instandhaltung von Systemen und Strukturen**, wie etwa Maschinen beziehungsweise Gebäuden, sodass diese noch vor Auftreten eines Problems gewartet werden können. Ausfallzeiten von Maschinen, Flugzeugen, Satelliten und Robotern können so minimiert werden.

Predictive und Prescriptive Maintenance finden im DLR breite Anwendung. Schon heute werden in einem modernen Verkehrsflugzeug **mehrere zehntausend Sensoren** verbaut, von denen eine große Anzahl auch für die Beschreibung und Bewertung des Flugzeugzustands relevant ist. Das DLR forscht zu KI-Methoden, um aus den anfallenden riesigen Datenmengen die aktuellen Zustandsdaten auszuwerten, Störereignisse zu identifizieren und Rückschlüsse auf Ort und Ursache der Störung vornehmen zu können. Zudem werden wissensbasierte KI-Verfahren eingesetzt, **um Korrelationen zwischen Messdaten und Störungen** zu ermitteln – und anstehende Wartungen besser abzuleiten.

Mehrere DLR-Institute liefern mit einer Bandbreite von Kompetenzen und Infrastrukturen Beiträge zu einem **DLR-Querschnittsprojekt** mit dem Ziel der Einführung zustandsabhängiger, präventiver Instandhaltungsverfahren der nächsten Generation für sicherheitsrelevante Strukturen in der Luftfahrt. Aber auch in anderen Anwendungsbereichen nutzt das DLR seine Kompetenzen – etwa im Schienenverkehr, bei Straßenfahrzeugen, im Verkehrsmanagement oder bei Energieanlagen.



#### **Impressum**

#### **Herausgeber**

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)  
Linder Höhe, 51147 Köln, DLR.de  
Telefon: 02203 601-0, E-Mail: [info@dlr.de](mailto:info@dlr.de)

#### **Gestaltung**

CD Werbeagentur GmbH, 53842 Troisdorf, [www.cdonline.de](http://www.cdonline.de)

#### **Druck**

Meinders & Elstermann GmbH & Co. KG, 49191 Belm  
[www.me-druckhaus.de](http://www.me-druckhaus.de)

#### **Drucklegung**

Mai 2019

#### **Bilder**

DLR (CC-BY 3.0), soweit nicht anders angegeben  
Seite 8: Marek Kruszewsk  
Seite 15: shutterstock  
Seite 19: ZAL Hamburg

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und  
Quellenangabe. Die in den Texten verwendeten weiblichen  
und männlichen Bezeichnungen gelten jeweils für alle  
Geschlechter.



Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier.