



Bundesamt für  
Kartographie und Geodäsie



# Jahresbericht 2024

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

## Annual report 2024

Federal Agency for Cartography and Geodesy



# Jahresbericht 2024

Wir geben Orientierung

# Annual report 2024

Leading the way

# Vorwort



Liebe Leserin, lieber Leser,

Geoinformationen spielen bei immer mehr Entscheidungsprozessen eine bedeutende Rolle. Oft schaffen sie erst die Grundlage, um eine Wahl treffen zu können. Das BKG fördert daher als zentraler Geodatendienstleister der Bundesverwaltung die Nutzung von Geoinformationen und unterstützt Entscheidungsträger dabei, Geoinformationen in ihre Arbeit einzubinden. Ein vielseitiges Werkzeug hierfür ist der Digitale Zwilling Deutschland (DigiZ-DE).

Mit dem DigiZ-DE entsteht zum ersten Mal ein homogenes und hochaufgelöstes dreidimensionales Abbild Deutschlands. Dieses 3D-Modell unterstützt Planer und Entscheider in den unterschiedlichsten Themengebieten. Für dieses Projekt sind Befliegungen über ganz Deutschland hinweg notwendig. Damit haben wir im vergangenen Jahr begonnen. Parallel dazu führten wir eine Reihe von Pilotvorhaben durch. Besonders hervorzuheben ist die Erstellung einer bundesweiten Starkregen Gefahrenhinweiskarte. Im Jahr 2026 wollen wir das Vorhaben DigiZ-DE abschließen. Inklusiv der Beschaffung der notwendigen IT-Umgebung, damit wir Berechnungen für das gesamte Bundesgebiet mit einer räumlichen Auflösung von wenigen Zentimetern umsetzen können.

Ein weiteres Thema, welches uns aktuell und in Zukunft beschäftigen wird, ist das Feld der Künstlichen Intelligenz (KI). Unser Hauptinteresse gilt dabei der sogenannten GEO-KI. Dieses Anwendungsgebiet der KI entwickelt sich unglaublich dynamisch. Das BKG spielt insbesondere bei der Bearbeitung von Fernerkundungsdaten mit Hilfe der

KI eine wichtige Rolle. Dabei liegt ein Fokus auf der Bereitstellung von Trainingsdaten, anhand derer die KI-Modelle lernen.

Der bekannte Leitspruch des BKG „Wir geben Orientierung“ könnte in Bezug auf unseren neuen Satellitenpositionierungsdienst GEPOS (German Satellite Positioning Service) nicht besser gewählt sein. In enger Abstimmung mit den Bundesländern haben wir einen Echtzeitdienst entwickelt. Er bestimmt Fahrzeug- und Objektpositionen auf wenige Zentimeter genau. Nach einer zweijährigen Optimierungsphase, die dieses Jahr gestartet ist, geht GEPOS Anfang 2027 in den Wirkbetrieb.

Auch mit unserem Gauß-Zentrum, dem virtuellen Forschungszentrum des BKG, ging es voran. Mit dem Gauß-Zentrum soll eine möglichst enge Vernetzung des BKG mit der universitären Forschung auf den Gebieten der Geodäsie und der Geoinformation erreicht werden. Von den drei geplanten Projekten ist die Analyse historischer Karten zum Klimawandel am weitesten fortgeschritten. Ein zweites Projekt steht kurz vor der Vergabe.

Natürlich haben wir im vergangenen Jahr noch viel mehr erreicht. Aber schauen Sie doch bitte selbst. Es lohnt sich.

Ich wünsche Ihnen wie immer viel Freude beim Stöbern in unserem Bericht und freue mich über Anregungen und Fragen.

Ihr

Prof. Dr. Paul Becker  
Präsident und Professor

# Preface

Dear reader,

Geoinformation plays an increasingly important role in decision-making processes. It often provides the basis for making a choice. As the central geodata service provider for the federal administration, BKG therefore promotes the use of geoinformation and supports decision-makers in integrating geoinformation into their work. The Digital Twin Germany (DigiZ-DE) is a versatile tool for this purpose.

DigiZ-DE is the first homogeneous, high-resolution three-dimensional image of Germany. This 3D model supports planners and decision-makers in a wide range of areas. This project requires aerial surveys across the whole of Germany, which we began last year. At the same time, we carried out a series of pilot projects. Particularly noteworthy is the creation of a nationwide heavy rain hazard map. We aim to complete the DigiZ-DE project in 2026. This includes procuring the necessary IT environment so that we can perform calculations for the entire federal territory with a spatial resolution of a few centimetres.

Another topic that will occupy us now and in the future is the field of artificial intelligence (AI). Our main interest here is in what is known as GEO AI. This area of application for AI is developing incredibly dynamically. BKG plays an important role in the processing of remote sensing data with the help of AI. One focus is on providing training data that the AI models can use to learn.

The well-known motto of BKG, ‘We provide orientation,’ could not be more apt for our new satellite positioning service, GEPOS (German Satellite Positioning Service). In close cooperation with the federal states, we have developed a real-time service that determines vehicle and object positions with an accuracy of a few centimetres. Following a two-year optimisation phase that began this year, GEPOS will go into operation at the beginning of 2027.

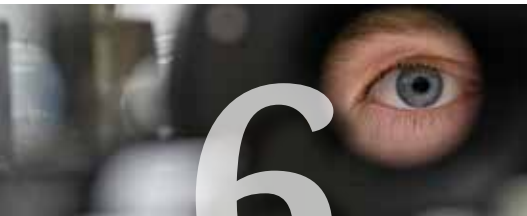
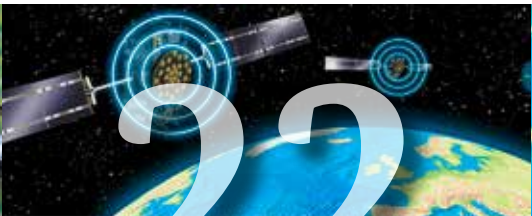
Progress has also been made with our Gauss Centre, BKG’s virtual research centre. The Gauss Centre aims to achieve the closest possible networking between BKG and university research in the fields of geodesy and geoinformation. Of the three planned projects, the analysis of historical maps on climate change is the most advanced. A second project is about to be awarded.

Of course, we achieved much more last year. But please take a look for yourself. It’s worth it.

As always, I hope you enjoy browsing through our report and look forward to your suggestions and questions.

Yours

Prof. Dr. Paul Becker  
President and Professor

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><b>6</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <br><b>14</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               | <br><b>22</b>                                                                                                                                                                                                                                                    | <br><b>28</b>                                                                                                                                                                                        | <br><b>32</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <br><b>40</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Im Rückblick:<br/>Das war das BKG-Jahr 2024</b><br><br>Das BKG hatte hohen Besuch aus dem Bundesministerium des Innern und für Heimat: Ministerin Nancy Faeser war zu Gast und entdeckte, dass wir eine echte Perle unter ihren Bundesämtern sind. Sie erkundete das Digitallabor und erforschte die Welt der Satellitenbilder. Das BKG ist facettenreich aufgestellt und unsere Jahreshighlights stellen wir in diesem Bericht vor.   | <b>Ungewöhnliche Flugbewegungen über der Republik</b><br><br>2024 konnten endlich die ersten Kleinflugzeuge abheben, um Daten für den Digitalen Zwilling Deutschland zu sammeln. Leider spielte das Wetter nicht immer mit, um in 3000 Meter Höhe eine wolkenfreie Sicht zu haben. Doch die ersten Daten liegen zur Auswertung vor und 2025 geht es weiter.                  | <b>GEPOS im Einsatz: Zentimetergenaues Navigieren im unbekannten Blau</b><br><br>Mithilfe von Satellitenpositionierung können Veränderungen auf dem Meeresboden exakter erfasst werden. Der neue Dienst des BKG kann den Standort eines Schiffes oder Fahrzeuges bis auf fünf Zentimeter genau bestimmen. Dafür nutzt GEPOS Radiowellen über DAB+. | <b>Partner finden und Wissen schaffen</b><br><br>Im Gauß-Zentrum, dem virtuellen Forschungszentrum des BKG, unterstützen wir Grundlagenforschung in den Bereichen Geodäsie und Geoinformation. Gegenstand der Beauftragung sind Projekte zu aktuell im BKG benötigten Forschungsthemen. | <b>Wendeltreppe im Orbit: Wie Satelliten gemeinsam 3D-Bilder erstellen</b><br><br>Radarsatelliten können einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit in Deutschland leisten. Sie erstellen Bilder, die kleinste Veränderungen an Brücken, Gebäuden oder Landschaften sichtbar machen. Das ist besonders wichtig für die Überwachung von Verkehrswegen, Bauwerken, aber auch von Kulturgütern und Veränderungen des Bodens. | <b>Geodäten beobachten den Nachthimmel</b><br><br>Das BKG macht in den klaren Sommernächten fotografische Aufnahmen vom Sternenhimmel. Daraus werden Länge und Breite des Standortes bestimmt. Klingt ziemlich altmodisch im Zeitalter der globalen Positionierungssysteme. Das Messverfahren ist nicht neu. Das BKG nutzt aber eine moderne Zenitkamera, die wir uns von unseren Schweizer Kollegen von swisstopo geliehen haben. |
| <b>Looking back –<br/>that was the BKG year 2024</b><br><br>BKG had a distinguished visitor from the Federal Ministry of the Interior and Community: Minister Nancy Faeser was our guest and discovered that we are a real pearl among her federal offices. She explored the digital laboratory and investigated the world of satellite images. BKG has a multi-faceted organisation and we present our annual highlights in this report. | <b>Unusual aircraft movements over the republic</b><br><br>In 2024, the first small aircraft were finally able to take off to collect data for Germany's digital twin. Unfortunately, the weather did not always play along to ensure cloud-free visibility at an altitude of 3,000 metres. However, the first data has been analysed and the project will continue in 2025. | <b>GEPOS in action: centimetre-precise navigation in the unknown blue</b><br><br>With the help of satellite positioning, changes on the seabed can be recorded more precisely. The new BKG service can determine the location of a ship or vehicle with an accuracy of up to five centimetres. GEPOS uses radio waves via DAB+ for this.           | <b>Finding partners and creating knowledge</b><br><br>At the Gauss Centre, the virtual research centre of BKG, we support basic research in the fields of geodesy and geoinformation. The subject of the commission are projects on research topics currently required at BKG.          | <b>Spiral staircases in orbit: How satellites create 3D images together</b><br><br>Radar satellites can make an important contribution to safety in Germany. They create images that visualise the smallest changes to bridges, buildings or landscapes. This is particularly important for monitoring transport routes and buildings, as well as cultural assets and changes to the ground.                          | <b>Geodesists observe the night sky</b><br><br>BKG takes photographic images of the starry sky on clear summer nights. This is used to determine the longitude and latitude of the location. Sounds rather old-fashioned in the age of global positioning systems. The measurement method is not new. However, BKG uses a modern zenith camera that we have borrowed from our Swiss colleagues at swisstopo.                       |

# Im Rückblick: Das war das BKG-Jahr 2024



## Neues Teleskop in Wettzell

Kollegen haben am Geodätischen Observatorium Wettzell (GOW) ein neues Teleskop montiert. Es hört auf den Namen „WNIS“ und das steht für „Wettzell Near Infrared Imaging System“. WNIS wird unsere beiden bereits vorhandenen Systeme zur Satelliten-Entfernungsmessung ergänzen. Es soll auch Weltraumschrott beobachten, um Kollisionen mit aktiven Satelliten oder Raumfahrzeugen zu vermeiden.

## New telescope in Wettzell

Colleagues have installed a new telescope at Geodetic Observatory Wettzell (GOW). It answers to the name ‘WNIS’ and stands for ‘Wettzell Near Infrared Imaging System’. WNIS will complement our two existing systems for satellite ranging. It will also observe space debris to avoid collisions with active satellites or spacecraft.



04.02.2024

## Nancy Faeser zu Besuch

Bundesministerin des Innern und für Heimat Nancy Faeser beehrte das BKG mit einem Besuch. Sie informierte sich über den Digitalen Zwilling, begutachtete das Digitallabor und erhielt Einblicke in die Arbeit des Satellitengestützten Krisen- und Lagedienstes (SKD). Abschließend hielt sie fest, dass es sich beim BKG um „eine Perle unter den Bundesämtern“ handelt.

## Nancy Faeser on a visit

Federal Minister of the Interior and Community Nancy Faeser honoured BKG with a visit. She informed herself about the digital twin, inspected the digital laboratory and gained insights into the work of the Satellite-Based Crisis and Spatial Information Service (SKD). In conclusion, she stated that BKG is “a pearl among federal offices”.

20.- 23.03.  
2024



## BKG auf der FOSSGIS in Hamburg

Mit interessanten Beiträgen zu den Themen Hinweis-karte zu Starkregengefahren, Open-Data-Produkte des BKG und Altkartenanalyse für ein nachhaltiges Klima-monitoring begeisterte das BKG die Community.

## BKG at the FOSSGIS in Hamburg

BKG inspired the community with interesting contribu-tions on the topics of maps showing heavy rain hazards, BKG’s open data products and the analysis of historical maps for sustainable climate monitoring.



## Girls' Day am BKG

Die Standorte Frankfurt am Main und Wettzell beteiligten sich am bundesweiten Aktionstag Girls' Day. In Frankfurt informierten sich neun Mädchen an diesem Tag über die Ausbildungsberufe Feinwerkmechanikerin und Geomatikerin. Das GOW brachte den Mädchen die Basics der Geodäsie näher.

## Girls' Day at BKG

The Frankfurt am Main and Wettzell sites took part in the nationwide Girls' Day. In Frankfurt, nine girls learned about the apprenticeships in precision engineering and geomatics. The GOW introduced the girls to the basics of geodesy.

# Looking back: This was BKG's year 2024



21.- 24.03.  
2024

## BKG auf der Leipziger Buchmesse

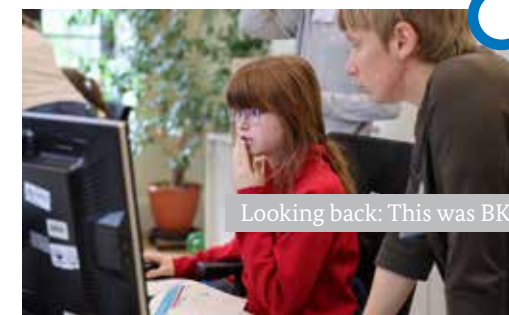
Der Stand des BKG auf der Leipziger Buchmesse war auch im Jahr 2024 sehr gut besucht. Besonders das beliebte Deutschland-Quiz zog viele Besucher an. Der große Besucheransturm am Samstag und Sonntag zeigt, dass das Interesse an analogen Karten ungebrochen ist.

## BKG at the Leipzig Book Fair

The BKG stand at the Leipzig Book Fair was very well at-tended again in 2024. In particular, the popular Germany quiz attracted many visitors. The large crowds on Saturday and Sunday show that interest in analogue maps is as strong as ever.



25.04.2024





07./08.05.  
2024

#### KI-Workshop

Das Thema KI ist auch für den Bereich Geoinformation von enormer Bedeutung. Daher lud das BKG zusammen mit dem

Umweltbundesamt zur Informationsveranstaltung nach Frankfurt ein. Das gut besuchte Event begeisterte mit spannenden Vorträgen und regem Austausch.

#### AI workshop

The topic of AI is also of enormous importance for the field of geoinformation. Therefore, the BKG, together with the German Environment Agency, invited people to an information event in Frankfurt. The well-attended event inspired with exciting lectures and a lively exchange.

#### Einweihung Rechner- räume Leipzig

Am 3. Juli 2024 nahmen Prof. Dr. Paul Becker und Simone Richter, Vertreterin des Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement (SIB), im Beisein von Vertretern des BMI offiziell die neuen Rechnerräume in der Leipziger Außenstelle des BKG in Betrieb.

#### Official opening of computer rooms in Leipzig

Prof. Dr. Paul Becker and Simone Richter, representative of the State Office for Saxon Real Estate and Construction Management (SIB), officially opened the new computer rooms at the Leipzig branch of BKG in the presence of representatives of the BMI.

03.07.2024



Juni 2024



#### Start der Befliegungen für den DigiZ-DE in Koblenz

Der Flughafen Koblenz Winnenden ist nur einer von acht Ausgangspunkten, an denen die Datenerhebung für den Digitalen Zwilling Deutschland stattfindet.

#### Start of the aerial surveys for the DigiZ-DE in Koblenz

Koblenz Winnenden Airport is just one of eight starting points for the data collection for the digital twin of Germany.



#### Schweremessungen auf der Nordsee

Zusammen mit dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und dem Forschungsschiff WEGA ging es auf Messfahrt. Schweremessungen auf der Nordsee sowie Tests für unseren Satellitenpositionierungsdienst (GEPOS) standen auf dem Programm.

#### Gravity measurements on the North Sea

Together with the Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH) and the research vessel WEGA, a measurement trip was made. Gravity measurements on the North Sea and tests for our satellite positioning service (GEPOS) were on the programme.



#### Vergleich von Absolutgravime- tern in Wettzell

Über einen Zeitraum von fünf Wochen kamen 16 Absolutgravimeter von 14 Institutionen aus Europa an der gravimetrischen Referenz- und Vergleichsstation im Bayerischen Wald zusammen. Wie schon 2018 ging es darum, die Messdaten der Absolutgravimeter auf ein einheitliches Niveau festzulegen.

#### Comparison of absolute gravi- meters in Wettzell

Over a period of five weeks, 16 absolute gravimeters from 14 institutions in Europe came together at the gravimetric reference and comparison station in the Bavarian Forest. As in 2018, the aim was to determine the measurement data of the absolute gravimeters to a uniform level.



18.09.2024

#### Präsident zu Besuch beim AGGO

Prof. Dr. Paul Becker und Abteilungsleiter Geodäsie Dr. Johannes Bouman besuchten für drei Tage das Argentinean-German Geodetic Observatory (AGGO) in La Plata/Argentinien.

#### President visits AGGO

Prof. Dr. Paul Becker and Head of department Geodesy Dr. Johannes Bouman visited the Argentinean-German Geodetic Observatory (AGGO) in La Plata, Argentina, for three days.

#### BKG auf dem Bevölkerungsschutztag in Wiesbaden

Im Katastrophenfall sind die Aufgabenfelder des BKG enorm wichtig: Reibungslose Navigation oder gedruckte Karten für Sicherheitsbehörden. Anschaulich informierte das BKG die Besucher des Bevölkerungsschutztages über die Einsatzgebiete im Krisenfall.

#### BKG at the Civil Protection Day in Wiesbaden

In the event of a disaster, BKG's fields of activity are extremely important: smooth navigation or printed maps for security authorities. BKG provided visitors to the Civil Protection Day with clear and informative information.

21.09.2024



### Zusammenarbeit im All

Der Präsident des BKG unterzeichnet in Uedem einen „Letter of Intent“, in dem die Zusammenarbeit im Bereich Weltraumüberwachung mit dem Weltraumlagezentrum der Bundeswehr und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) besiegelt wird.

### Cooperation in space

The President of BKG signs a letter of intent in Uedem, sealing the cooperation in the field of space surveillance with the Space Component Command of the German Air Force and the German Aerospace Center (DLR).

23.09.2024



### BKG auf der Buchmesse in Frankfurt

Die Frankfurter Buchmesse ist ein Publikumsmagnet. Auch im Jahre 2024 war das BKG mit einem Messestand vertreten. Neben den beliebten Klassikern, den Faltkarten, gab es auch allerlei neue Kartenprodukte und Innovationen zu bestaunen.

### BKG at the Book Fair in Frankfurt

The Frankfurt Book Fair is a crowd-puller. BKG was also be represented with a stand in 2024. In addition to the popular classics, the folding maps, there were also be all kinds of new map products and innovations to marvel at.

16. - 18.10.  
2024



### BKG auf der INTERGEO in Stuttgart

Alle Jahre wieder geht es auf die INTERGEO, die internationale Leitmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement. Mit zwei Schwerpunktthemen präsentierte sich das BKG an seinem Stand: Dem Digitalen Zwilling Deutschland und GEPOS, dem neuen Satellitenpositionierungsdienst.

24. - 26.09.  
2024



### BKG at INTERGEO in Stuttgart

Every year, INTERGEO, the leading international trade fair for geodesy, geoinformation and land management, takes place. BKG presented itself at its stand with two main topics: the digital twin of Germany and GEPOS, the new satellite positioning service.

### SKD-Forum

Der Satellitengestützte Krisen- und Lagedienst (SKD) lud zu einem Austausch in die Villa Mumm nach Frankfurt ein. Hier zeigten Expertinnen und Experten Möglichkeiten, wie Produkte aus Geoinformation und Fernerkundung konkreten Mehrwert für die tägliche Arbeit liefern können.

05./06.11.  
2024



### SKD Forum

The Satellite-Based Crisis and Spatial Information Service (SKD) hosted an event at the Villa Mumm in Frankfurt. Here, experts showed how products from geoinformation and remote sensing can provide concrete added value for daily work.

### Starkregenhinweiskarte Schleswig-Holstein

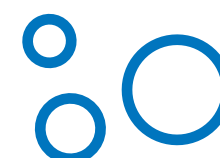
Bei einem gemeinsamen Pressetermin mit dem Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur stellte das BKG in Wedel die neue Hinweiskarte für Starkregengefahren für Schleswig-Holstein vor. Auf dieser Karte können Gemeinden, aber auch Hausbesitzer sehen, wie sich Starkregen in ihrer Region auswirken kann.

30.09.2024



### Heavy rain hazard map for Schleswig-Holstein

At a joint press event with the Ministry for Energy Transition, Climate Protection, Environment and Nature in Wedel, BKG presented the new heavy rain hazard map for Schleswig-Holstein. This map shows municipalities, but also homeowners, how heavy rain can affect their region.



# 2024

## Zahlen – Daten – Fakten

9,80054 m/s<sup>2</sup>

Am höchsten Punkt Deutschlands ist man auch am leichtesten:  
Schwerebeschleunigung auf der Zugspitze neu gemessen

The highest point in Germany is also where one's weight is the smallest:  
Gravity acceleration on the Zugspitze remeasured

# 2,2 Petabyte

VLBI-Daten wurden für alle  
drei Wettzeller Radioteleskope aufgezeichnet

VLBI data was recorded for all three Wettzell radio telescopes

62 000

Landkarten für  
Bundesbehörden ausgeliefert

Maps delivered for federal authorities

1 730 000

km<sup>2</sup> kartographisch aktualisiert  
km<sup>2</sup> updated cartographically

1263

Besucherinnen und Besucher nahmen  
bei 60 Führungen und Veranstaltungen  
am Geodätischen Observatorium Wettzell teil

Visitors took part in 60 guided tours and events  
at the Geodetic Observatory Wettzell



Zugriffe auf die Dienste von RoutingPlus

Access to the services of RoutingPlus

# 1,1 Mrd.

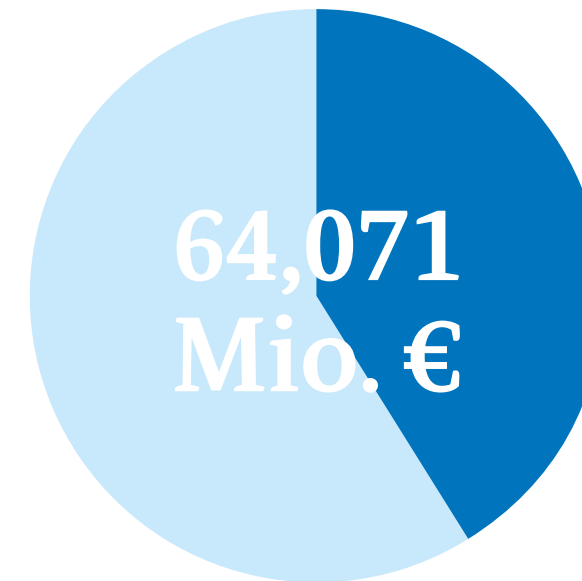
404

Beschäftigte (inkl. Azubis)  
hatte das BKG Ende 2024

employees (including trainees)  
at BKG at the end of 2024

# 2024

## Numbers – Data – Facts



Haushaltsvolumen,  
davon Personalausgaben

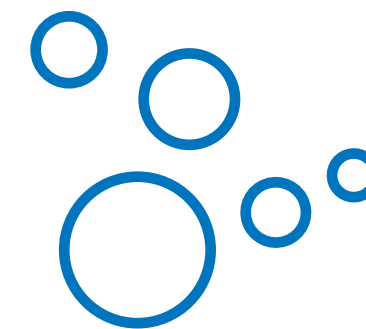
Budget volume,  
thereof personnel expenses

26,42 Mio. €

# 6 385 287 587

Laserpulse wurden für Entfernungsmessungen zu Satelliten  
mit dem Wettzell Laser Ranging System ausgesendet

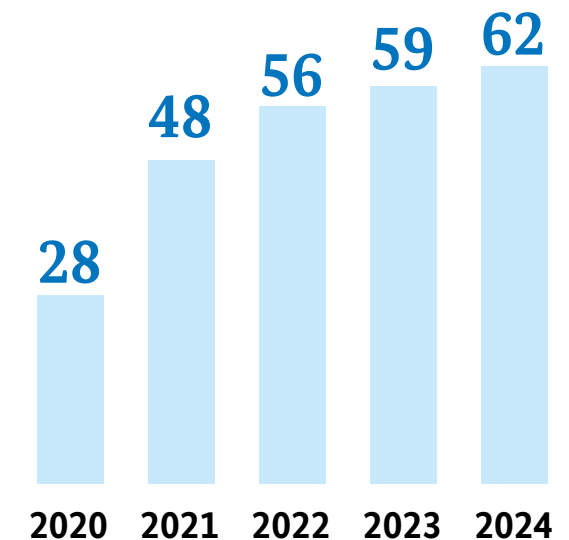
Laser pulses were emitted for distance measurements to satellites  
using the Wettzell Laser Ranging System



Anzahl aller Punktoobjekte  
in allen POI-Themen

Number of all point objects  
in all POI themes

# 1 312 968



Anzahl an Points of Interest (POI)-Themen

Number of Points of Interest (POI) themes

# 11 300

Teilnehmerinnen und Teilnehmer bei den Buchmesse-Aktionen  
des BKG in Frankfurt am Main und Leipzig

Participants in the book fair campaigns  
in Frankfurt am Main and Leipzig



# Ungewöhnliche Flugbewegungen über der Republik

Der Weg zum Digitalen Zwilling Deutschland ist in die nächste Phase gestartet

Ein Feldweg in Norddeutschland. Rechts und links des Pfades strecken sich gelbe Weizengräser in Richtung der aufgehenden Sonne. Am blauen Himmel ist kein Wölkchen zu sehen und ein Vogelschwarm erhebt sich in die Lüfte. Nur ein zweimotoriges Kleinflugzeug stört diesen idyllischen Sommermorgen. In regelmäßigen Abständen fliegt es über die Wälder, Wiesen und Felder hinweg. In einer Höhe von circa 3000 Meter zieht die Maschine ihre Bahnen. Sie fliegt in eine Richtung und kommt kurze Zeit später auf der scheinbar gleichen Linie wieder zurück.

Normal ist das nicht. Fast schon mysteriös.

Aber für alles gibt es eine Erklärung. In diesem Fall lautet sie: Digitaler Zwilling Deutschland und das Kleinflugzeug ist in offizieller Mission des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie unterwegs.



Beispiel für ein typisches linienförmiges Flugmuster bei der 3D-Datenerfassung  
Example of a typical linear flight pattern during 3D data acquisition

## Ein Zwilling und unendlich viele Möglichkeiten

Das BKG hat es sich zum Ziel gesetzt, ganz Deutschland hoch aufgelöst und dreidimensional abzubilden. So entsteht ein digitaler Doppelgänger Deutschlands. Von den Bayerischen Alpen bis zum Wattenmeer, von der Eifel bis in die Sächsische Schweiz, das BKG erfasst jeden Quadratmeter in Deutschland. In dem dreidimensionalen Oberflächenmodell sind zukünftig alle relevanten Objekte auf der Erdoberfläche enthalten, vom Baum über den Strommast bis zum Hochhaus.

Insbesondere vor dem Hintergrund des Klimawandels dient der Digitale Zwilling Deutschland als Grundlage für Simulationen zu möglichen Handlungsalternativen, z. B. bei Hochwasser oder Waldbrandgefahr. Aber der Digitale Zwilling kann noch viel mehr. Er ist eine wahres Universalwerkzeug.

# Unusual aircraft movements over the Republic

The journey towards a digital twin for Germany has entered the next phase

A country lane in northern Germany. To the right and left of the path, yellow wheatgrass stretches out towards the rising sun. There is not a cloud to be seen in the blue sky and a flock of birds takes to the skies. Only a small twin-engine aeroplane disturbs this idyllic summer morning. It flies over the woods, meadows and fields at regular intervals. At an altitude of around 3,000 metres, the plane makes its rounds. It flies in one direction and returns a short time later on what appears to be the same route.

That's not normal. It's almost mysterious.

But there is an explanation for everything. In this case it is: Digital Twin Germany and the small aircraft is travelling on an official mission for the Federal Agency for Cartography and Geodesy.

## One twin and endless possibilities

BKG has set itself the goal of mapping the whole of Germany in high resolution and three dimensions. The result is a digital double of Germany. From the Bavarian Alps to the Wadden Sea, from the Eifel to Saxon Switzerland, BKG captures every square metre in Germany. In future, the three-dimensional surface model will include all relevant objects on the Earth's surface, from trees to electricity pylons to high-rise buildings.

Particularly in the context of climate change, the Digital Twin Germany serves as a basis for simulations of possible alternative courses of action, e. g. in the event of flooding or the risk of forest fires. But the digital twin can do much more. It is a truly universal tool.

The Hamburg metropolitan region, which acted as a pilot region for the digital twin, has already received an unexpected request, as Dr Patrick Knöfel, Deputy Head of the Digital Twins Unit, explains: "The Federal Institute of Sport Science's sports facility atlas was to include jumping platforms. This is not possible with aerial images alone, but 3D data help to determine the height, position and number of platforms. This information can be analysed fully automatically using the digital twin. The height of the jumping areas is calculated relative to the terrain surface, taking into account standard sizes for jumping towers. The system uses existing data and then automatically recognises where a diving platform is located and how high it is."

And that is just one example how BKG can develop optimal solutions with the help of the 3D project. Other possible applications include

- the detection of flight obstacles and
- use as a tool for the Federal Forest Inventory.

Für die Metropolregion Hamburg, die als Pilotregion für den Digitalen Zwilling fungierte, gab es bereits eine ganz unerwartete Anfrage, wie Dr. Patrick Knöfel, Stellvertreter der Referatsleiter des Referats Digitale Zwillinge, erzählt: „Im Sportstättenatlas des Bundesinstituts für Sportwissenschaften sollten Sprungtürme ergänzt werden. Mit Luftbildern allein ist das nicht möglich, aber 3D-Daten helfen dabei, Höhe, Lage und Anzahl der Plattformen zu bestimmen. Diese Informationen lassen sich mit dem Digitalen Zwilling vollautomatisch auswerten. Die Höhe der Sprungflächen wird relativ zur Geländeoberfläche berechnet, wobei Normgrößen für Sprungtürme berücksichtigt werden. Das System nutzt vorhandene Daten und erkennt dann automatisch, wo sich ein Sprungturm befindet und wie hoch er ist.“

Und das ist nur ein Beispiel dafür, wie das BKG mithilfe des 3D-Projektes optimale Lösungen erarbeiten kann. Weitere Einsatzmöglichkeiten sind beispielsweise

- die Erkennung von Flughindernissen und
- die Nutzung als Werkzeug für die Bundeswaldinventur.

Vor allem im Bereich der Flugsicherheit ist der Digitale Zwilling ein echter Gewinn.

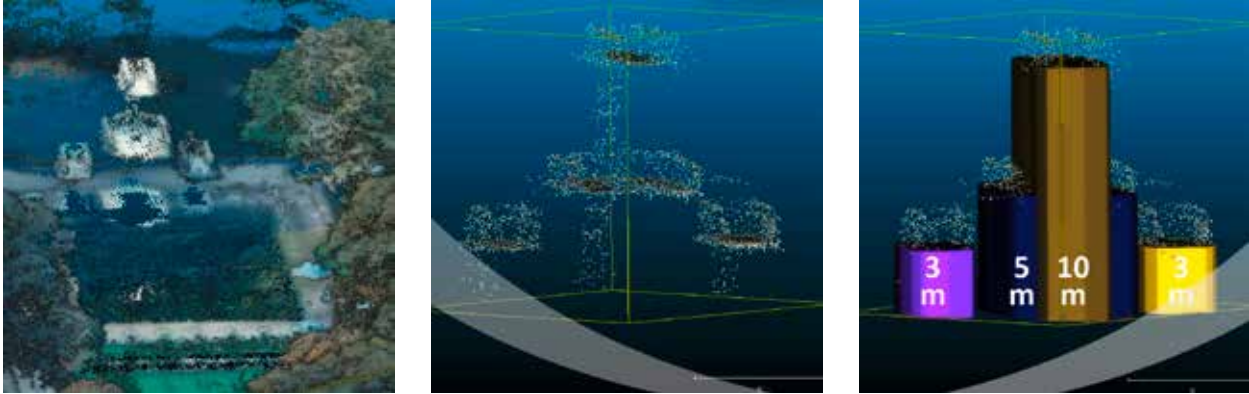
**Mehr Sicherheit im Luftverkehr**

Damit Flugzeuge sicher starten und landen können, müssen mögliche Hindernisse in der Nähe von Flughäfen wie Gebäude, Windräder oder Kräne frühzeitig erkannt und gemeldet werden. Auch natürliche Hindernisse wie Berge oder Bäume zählen dazu. Es gibt internationale Vorgaben zur Flugsicherheit, die vorschreiben, wie diese Hindernisse

Werkzeug für die Bundeswaldinventur Stadtbäume machen unsere Städte kühler, verbessern die Luft und geben Tieren und Pflanzen ein Zuhause. Sie speichern Kohlenstoff, produzieren Sauerstoff und spenden Schatten. Doch Dürre, Hitze und schlechte Luft schaden Bäumen in Wäldern und Städten. Um den Zustand jedes einzelnen Baumes in Deutschland zu überblicken, ist der Digitale Zwilling ein optimales Werkzeug. Forscher des Thünen-Instituts und des BKG sortieren diese Daten, finden jeden einzelnen Baum und können seine Höhe und seinen Kronenumfang ermitteln. Förster nutzen diese Informationen, um Bäume gezielt zu pflegen, zu überwachen und zu schützen. So können sie kranke Bäume früher erkennen und tragen auf diesem Weg zu einer nachhaltigen Forstwirtschaft bei.

erfasst und dokumentiert werden müssen – und das flächendeckend und möglichst genau.

„Bisher stellt die Deutsche Flugsicherung Luftfahrthindernisse in Form von Karten bereit, die auf verschiedenen Erfassungsquellen basieren, wie kostspieligen Einzelbildflugvermessungen und manuellen Auswertungen von Bauanträgen. Das ist aufwendig, teuer und nicht immer vollständig. Der Digitale Zwilling Deutschland bietet für die Sicherheit im Luftverkehr eine moderne Lösung. Er kann Hindernisse viel schneller und genauer erfassen. So erkennt er nicht nur die Struktur eines Strommastes, son-



Bildbeispiele einer Sprungturmanalyse: links: Darstellung der 3D-Daten im Bereich des Sprungbeckens, Mitte: aus 3D-Daten extrahierter Sprungturm, rechts: identifizierte Sprungflächen mit dazugehörigen Höhen.  
Image examples of a diving tower analysis: left: Representation of the 3D data in the area of the diving pool, centre: diving tower extracted from 3D data, right: identified diving surfaces with corresponding heights.

The digital twin is a real benefit, especially in the field of flight safety.

**Greater safety in air traffic**

To ensure that aircraft can take off and land safely, potential obstacles near airports, such as buildings, wind turbines or cranes, must be detected and reported at an early stage. This also includes natural obstacles such as mountains or trees. There are international flight safety regulations that stipulate how these obstacles must be recorded and documented – comprehensively and as accurately as possible.

“Until now, German air traffic control has provided aviation obstacles in the form of maps based on various sources, such as costly single-image flight surveys and manual evaluations of building applications. This is time-consuming, expensive and not always complete. The Digital Twin Germany offers a modern solution for air traffic safety. It can detect obstacles much faster and more accurately. It not only recognises the structure of a power pole, but also the cables running along it. The same applies to cranes or wind turbines, which appear in their full size and structure,” explains Dr. Anja Hopfstock, Head of the Geodata Department.

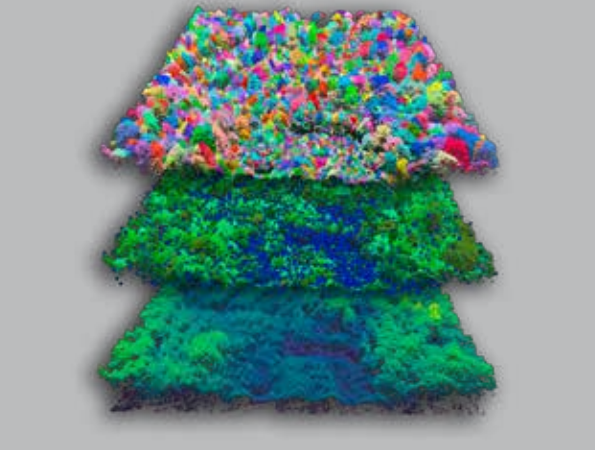
The Digital Twin Germany thus ensures safe airspace and creates an important basis for smooth air traffic.

**Lane by lane across Germany**

The Federal Republic of Germany covers around 358,000 square kilometres. That’s not exactly small. In order to cover every metre, BKG has divided Germany into eight regions. Companies specialising in surveying flights have been flying in the German skies since June 2024.

“To obtain the best possible data on a flight, it had to be cloud-free over the selected area for a good six hours. And these days were rare in the summer of 2024. If the weather conditions are optimal, the aircraft, including the pilot and technician who operates the cameras, takes to the skies,” says Ángel Benítez, a technician from one company commissioned to carry out the flight. “At an altitude of around 10,000 feet, which corresponds to around 3,000 metres, the pilot then flies his orbit. As a rule, the pilot completes one orbit before ending the flight. However, this is not always possible due to bad weather and strong winds. It is important to ensure that the paths overlap. This means that the pilot does not have much room for manoeuvre in terms of altitude or speed. The pilot may only vary in

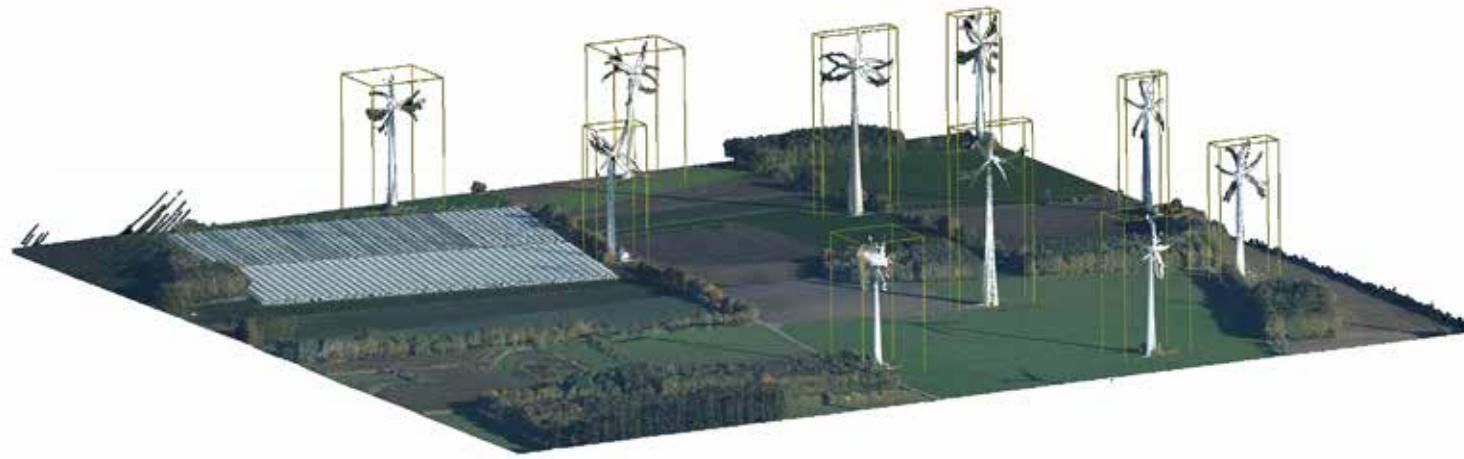
Tool for the National Forest Inventory Urban trees make our cities cooler, improve the air and provide a home for animals and plants. They store carbon, produce oxygen and provide shade. However, drought, heat and poor air quality are damaging trees in forests and cities. The Digital Twin is an ideal tool for monitoring the condition of every single tree in Germany. Researchers at the Thünen Institute and BKG sort this data, locate each individual tree and determine its height and crown circumference. Foresters use this information to maintain, monitor and protect trees in a targeted manner. This enables them to identify diseased trees at an early stage and thus contribute to sustainable forestry.



altitude by a maximum of 30 metres. Otherwise this data set cannot be used.”

A measurement flight takes between four and six hours. The small aeroplanes are single or twin-engine aircraft that have a hole in the bottom. There are 3D scanners and a camera for aerial photographs. Every flight is registered with German air traffic control. This is important, especially if the small aircraft cross the flight path of commercial aircraft.

However, flying during the day is not possible everywhere, as Patrick Knöfel explains: “According to German air traffic control, larger airports or the government district, for example, may be off-limits during the day. At least at the altitude we are aiming for. That’s why it’s most economical to record the 3D data at night and then take the corresponding aerial images during the day.”



dern auch die daran verlaufenden Leitungen. Gleiches gilt für Kräne oder Windräder, die in ihrer vollen Größe und Struktur erscheinen“, erklärt Dr. Anja Hopfstock, Abteilungsleiterin Geodaten.

Dadurch sorgt der Digitale Zwilling Deutschland für einen sicheren Luftraum und schafft eine wichtige Grundlage für einen reibungslosen Flugverkehr.

#### Bahn für Bahn über Deutschland hinweg

Die Bundesrepublik umfasst rund 358 000 Quadratkilometer. Das ist nicht gerade klein. Um jeden Meter zu erfassen, hat das BKG Deutschland in acht Regionen aufgeteilt. Unternehmen, die sich auf Vermessungsflüge spezialisiert haben, ziehen seit Juni 2024 ihre Bahnen am deutschen Lufthimmel.

„Um auf einem Flug die bestmöglichen Daten zu erhalten, sollte es für gut sechs Stunden über dem ausgewählten Gebiet wolkenfrei sein. Und diese Tage waren rar im Sommer 2024. Liegen optimale Wetterbedingungen vor, dann steigt die Maschine inklusive Piloten und Techniker, der die Kameras bedient, in die Lüfte“, beschreibt Ángel Benítez, Techniker eines beauftragten Unternehmens den Ablauf einer Befliegung. „In einer Höhe von circa 10 000 Fuß, das entspricht etwa 3000 Metern, zieht der Pilot dann seine Bahnen. In der Regel schließt der Pilot eine Bahn ab, bevor er den Flug beendet. Aufgrund von schlechtem Wetter und starken Winden ist das aber nicht immer möglich. Es ist wichtig darauf zu achten, dass sich die Bahnen überschneiden. Das bedeutet, dass der Pilot nicht viel Spielraum bezüglich der Höhe oder der Geschwindigkeit hat. In der Höhe darf er lediglich um maximal 30 Meter variieren. Sonst kann dieser Datensatz nicht verwendet werden.“

Ein Messflug dauert zwischen vier und sechs Stunden. Bei den Kleinflugzeugen handelt es sich um ein- oder zweimotorige Maschinen, die im Boden ein Loch haben. Dort befinden sich 3D-Scanner und eine Kamera für Luftbilder. Jeder Flug wird bei der Deutschen Flugsicherung angemeldet.

Das ist vor allem wichtig, wenn die Kleinflugzeuge die Einflugschneise von Verkehrsmaschinen kreuzen.

Eine Befliegung am Tag ist aber nicht überall möglich, wie Patrick Knöfel erzählt: „Laut der Deutschen Flugsicherung kann es sein, dass z. B. größere Flughäfen oder das Regierungsviertel tagsüber tabu sind. Zumindest in der Höhe, die wir anstreben. Deswegen ist es das wirtschaftlichste, nachts die 3D-Daten aufzunehmen und dann am Tag die zugehörigen Luftbilder zu machen.“

Die Befliegungen wurden im März 2025 fortgesetzt. Die Wetteraufzeichnungen der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass es in diesem Monat durchaus längere Phasen mit wolkenlosem Himmel geben kann. Wenn alles wie geplant läuft, dann ist die Datenerhebung im November 2025 abgeschlossen.

#### Daten erlebbar machen

Die gesammelten Daten kommen in einer Computeranwendung zum Einsatz. Darüber hinaus kann das BKG die Daten in einem interaktiven Programm, dem Digitallabor, erlebbar machen. Planer und Entscheider tauchen dafür in Deutschlands Digitalen Zwilling ein und begehen ihn virtuell. Dank der 3D-Simulation kann der Nutzer frei im Raum navigieren, seinen Standpunkt selbst wählen und dadurch die Daten direkt und ganzheitlich erleben.

Drei Projektionen erzeugen im Digitallabor eine 270°-Ansicht, die für ein vollständiges Abtauchen in die virtuelle Welt sorgt. Dafür legt der Nutzer Hand- und Fußsensoren an, über die er die Simulation intuitiv steuern kann. Der Rundumblick in Kombination mit den verschiedenen Datensätzen ermöglicht dem User zeitgleich, dass er seine zentralen Fragen beantworten kann. So erkennen Anwender sofort, wo das Wasser bei einer Überschwemmung besonders schnell steigt und welche Stadtteile als erstes evakuiert werden sollten. Es ist schließlich kein schönes Gefühl in einem kleinen Bach zu stehen, der zum reißenden Strom wird.

The aerial surveys will continue in March 2025. Weather records from previous years have shown that there may well be longer periods with cloudless skies during this month. If everything goes as planned, the data collection will be completed in November 2025.

#### Bringing data to life

The collected data is used in a computer application. In addition, the BKG can bring the data to life in an interactive programme called the Digital Laboratory. Planners and decision-makers can immerse themselves in Germany's digital twin and explore it virtually. Thanks to 3D simulation, users can navigate freely through the space, choose their own vantage point and thus experience the data directly and holistically.

Three projections in the digital laboratory create a 270° view that allows users to immerse themselves completely in the virtual world. To do this, users attach hand and foot sensors that allow them to control the simulation intuitively. The panoramic view, combined with the various data sets, enables users to answer their key questions at the same time. This allows users to immediately see where the water rises particularly quickly in the event of a flood and which parts of the city should be evacuated first. After all, it's not a pleasant feeling to be standing in a small stream that turns into a raging torrent.

This innovative tool helps to map spatial scenarios realistically and plan protective measures precisely. The digital laboratory is continuously testing new functions to make cities and landscapes even more adaptable to climate change.

#### Never ending story

BKG is working hard to realise the Digital Twin Germany project. However, the aircraft movements in the skies of Germany remain a mystery to the uninitiated citizen. But if the weather plays along, the spook will be over by the end of 2025 at the latest. For the time being. Because Germany is on the move. New buildings are being built, forests are changing, motorways are being expanded. The plan is therefore to repeat the flights regularly - every few years - in order to keep the data set up to date. At some point, small aeroplanes flying in orbits will no longer be unusual, but an integral part of making life in Germany safe and worth living in the future.

To photograph landscapes from the air, a special camera is installed in an aircraft floor plate. This plate can be fixed or movable. The camera is able to take many pictures in succession in order to obtain a precise overview from the air.



There are additional devices such as

- Overlap sliders: These help to ensure that the images overlap correctly.
- Navigation telescope: It helps with the precise alignment of the aircraft.
- GPS positioning: This allows the exact position of the aircraft to be determined.

In order to control the flight precisely, measuring aeroplanes are equipped with the following:

- a gyroscope to keep the direction and
- an altimeter to ensure that the flight altitude remains constant



Das Digitallabor im Einsatz.  
The digital lab in action.

Dieses innovative Werkzeug hilft dabei, räumliche Szenarien realitätsnah abzubilden und Schutzmaßnahmen präzise zu planen. Das Digitallabor erprobt kontinuierlich neue Funktionen, um Städte und Landschaften noch anpassungsfähiger an den Klimawandel zu gestalten.

Für die Fotografie von Landschaften aus der Luft wird eine spezielle Kamera in eine Bodenplatte eines Flugzeugs eingebaut. Diese Platte kann festmontiert oder beweglich sein. Die Kamera ist in der Lage, viele Bilder nacheinander aufzunehmen, um eine genaue Übersicht aus der Luft zu bekommen.



Es gibt Zusatzgeräte wie zum Beispiel:

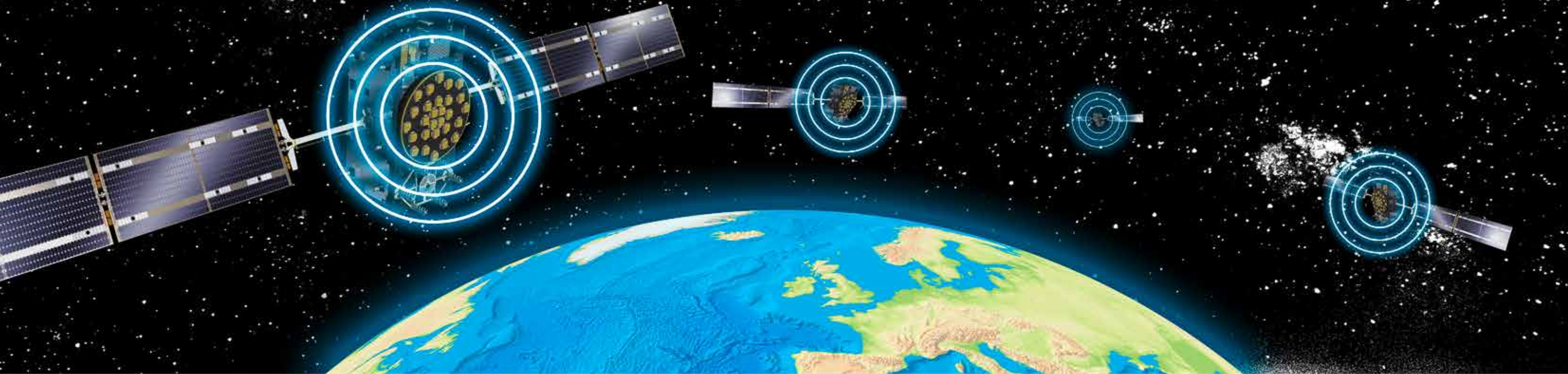
- Überdeckungsregler: Sie helfen sicherzustellen, dass sich die Bilder richtig überlappen.
- Navigationsteleskop: Es hilft bei der genauen Ausrichtung des Flugzeugs.
- GPS-Ortung: Damit kann die genaue Position des Flugzeugs bestimmt werden.

Um den Flug genau zu steuern, sind Messflugzeuge mit Folgendem ausgestattet:

- einem Kurskreisel, um die Richtung zu halten sowie
- einem Höhenmesser, um sicherzustellen, dass die Flughöhe gleichbleibt.

### Never ending Story

Das BKG arbeitet intensiv daran, das Projekt Digitaler Zwilling Deutschland zu realisieren. Mysteriös bleiben für den unbedarften Bürger dennoch die Flugbewegungen am Himmel der Republik. Aber, wenn das Wetter mitspielt, dann ist der Spuk spätestens Ende 2025 vorbei. Vorerst. Denn Deutschland ist in Bewegung. Neue Bauten entstehen, Wälder verändern sich, Autobahnen werden ausgebaut. Daher ist geplant, die Befliegungen regelmäßig – im Abstand von einigen Jahren – zu wiederholen, um den Datensatz stets aktuell zu halten. Irgendwann sind dann auch in Bahnen fliegende Kleinflugzeuge nicht mehr ungewöhnlich, sondern ein fester Bestandteil, um das Leben in Deutschland auch in Zukunft sicher und lebenswert zu gestalten.



## GEPOS im Einsatz:

### Zentimetergenaues Navigieren im unbekannten Blau

Meterhohe Wellen arbeiten sich auf das Festland zu, aus dunklen Wolken strömt der Regen, ein heftiger Sturm beherrscht die Nordsee. Nicht nur über dem Wasser geht es hoch her, auch in den Flachwassergebieten ist alles in Aufruhr. Schiffswracks bewegen sich, wenn auch nur zentimeterweise über den Meeresboden und können nach einem Unwetter ein gefährliches Hindernis für die Seefahrt darstellen. Auch Fahrrinnen neigen nach Stürmen dazu, nicht mehr breit oder tief genug zu sein, um eine sichere Passage von Schiffen zu gewährleisten. Daher vermisst das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) solche Stellen regelmäßig und aktualisiert bei Bedarf die Seekarten. Je genauer, desto besser.

Und hier kommt GEPOS ins Spiel – der German Satellite Positioning Service.

### German Satellite Positioning Service



Gemeinsam mit SAPOS, dem Satellitenpositionierungsdienst der Länder und der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV), bietet das BKG seit dem 01.01.2025 einen Dienst an, der in Echtzeit und möglichst zentimetergenau die Position von Fahrzeugen oder Objekten aller Art bestimmen kann. Von GEPOS profitieren beispielsweise Drohnen für Geländeaufnahmen, Traktoren für die di-

gitale Landwirtschaft oder das autonome Fahren. Darüber hinaus nutzt das BSH die Daten für die hochgenaue Positionsbestimmung ihrer Schiffe. Das ist hilfreich in Bezug auf die Bestimmung der Meeresbodentopographie.

#### Das Rad nicht neu erfunden – aber verbessert

Um eine Position mithilfe von GNSS (Global Navigation Satellite System) genau zu bestimmen, braucht es Referenzstationen.

„Die Referenzstation ist eine fest installierte Station, deren exakte Koordinaten wir schon über Jahre hinweg sehr genau kennen“, erklärt Dr. Christian Rost, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Referat Satellitennavigation, das Prinzip. „Wir nutzen GNSS, um die aktuelle Position der Referenzstation zu bestimmen. Allerdings gibt es Fehlerquellen, wie atmosphärische Störungen, die bei jeder Echtzeit-Messung zu Abweichungen führen. Durch den Vergleich der bekannten Koordinaten der Referenzstation mit den gemessenen Koordinaten der Referenzstation können wir diese Abweichungen berechnen. Dadurch wird die GNSS-Messung genauer.“

Für den neuen Dienst verwendet das BKG ein Verfahren, das sich PPP-RTK nennt. Das steht für Precise Point Positioning und Real-Time Kinematic. Es handelt sich hierbei um zwei bekannte Verfahren zur genauen Positionsbestimmung im Bereich der Satellitennavigation, die in einem Verfahren zusammengeführt werden.

## GEPOS in action:

### centimetre-accurate navigation in the unknown blue

Metre-high waves are working their way towards the mainland, rain is pouring down from dark clouds and a violent storm is dominating the North Sea. It's not just above the water, everything is in turmoil in the shallows too. Shipwrecks move across the seabed, even if only centimetre by centimetre, and can pose a dangerous obstacle to shipping after a storm. After storms, shipping channels also tend to no longer be wide or deep enough to ensure the safe passage of ships. For this reason, the Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH) regularly measures such areas and updates the nautical charts as required. The more accurate, the better.

And this is where GEPOS comes into play – the German Satellite Positioning Service.

Together with SAPOS, the satellite positioning service of the Laender and the Working Committee of Surveying Authorities of the Laender of the Federal Republic of Germany (AdV), BKG has been offering a service since 1 January 2025 that can determine the position of vehicles or objects of all kinds in real-time and with centimetre accuracy. GEPOS benefits, for example, drones for terrain surveys, tractors for precise farming or autonomous driving. In addition, BSH uses the data to determine the position of its ships with high accuracy. This is helpful in determining the topography of the seabed.

#### Not reinventing the wheel – but improving it

In order to determine a position accurately using GNSS (Global Navigation Satellite System), reference stations are required.

“The reference station is a permanently installed station whose exact coordinates we have known very precisely for years,” explains Dr Christian Rost, research assistant in the Satellite Navigation unit, the principle. “We use GNSS to determine the current position of the reference station. However, there are sources of error, such as atmospheric disturbances, which lead to deviations in every real-time measurement. By comparing the known coordinates of the reference station with the measured coordinates of the reference station, we can calculate these deviations. This makes the GNSS measurement more accurate.”



GNSS Referenzstation Helgoland  
GNSS reference station Helgoland

- **PPP**  
Steht für Precise Point Positioning. Es handelt sich um eine Technik zur Positionsbestimmung, die präzise Satellitenorbits, -uhren und andere Korrekturdaten nutzt, um die Position eines GNSS-Empfängers zu bestimmen.
- **RTK**  
Steht für Real-Time Kinematic. RTK erreicht eine sehr hohe Genauigkeit, indem es Daten von zwei Empfängern kombiniert: einem festen Referenzempfänger und einem mobilen Empfänger. Die Methode berechnet dabei exakt die Signalwellenlängen der Satelliten. Bei kurzen Abständen zwischen den Empfängern (z. B. unter zehn Kilometer) stören atmosphärische Einflüsse kaum, was die Berechnungen zusätzlich beschleunigt.
- **PPP-RTK**  
PPP-RTK integriert die Vorteile von PPP und RTK und verwendet globale Korrekturdienste in Echtzeit, um die Nachteile beider Ansätze auszugleichen.

„GEPOS kann auf mindestens fünf Zentimeter genau, in Bezug auf die Lage und die Höhe, die Position von Fahrzeugen bestimmen“, legt Christian Rost dar. „Jedes Einsatzfahrzeug oder jeder Traktor, der mit einem GNSS-Empfänger ausgestattet ist, kann unseren Dienst nutzen. Es ist von Vorteil, dass solche Empfänger mittlerweile in vielen Alltagsgegenständen verbaut sind. Der Unterschied zu bisherigen Verfahren liegt in der Genauigkeit, die wir mit unseren Korrekturdaten erzielen.“

Hierfür arbeitet das BKG mit einem mittelständischen Unternehmen zusammen, das für diesen Zweck eine Software für die Berechnung von Korrekturdaten aus GNSS-Daten entwickelt hat. Das Format, in dem die Daten versendet werden, ist offen, aber nicht standardisiert.

For the new service, BKG uses a method called PPP-RTK. This stands for Precise Point Positioning and Real-Time Kinematic. These are two well-known methods for precise positioning in the field of satellite navigation, which are combined into one method.

“GEPOS can determine the position of vehicles with an accuracy of at least five centimetres in terms of horizontal position and height,” explains Christian Rost. “Any emergency vehicle or tractor equipped with a GNSS receiver can use our service. It is an advantage that such receivers are now built into many everyday objects. The difference to previous methods lies in the accuracy that we achieve with our correction data.”

- **PPP**  
Stands for Precise Point Positioning. It is a positioning technique that uses precise satellite orbits, clocks and other correction data to determine the position of a GNSS receiver.
- **RTK**  
Stands for Real-Time Kinematic. RTK achieves very high accuracy by combining data from two receivers: a fixed reference receiver and a mobile receiver. The method calculates the exact signal wavelengths of the satellites. With short distances between the receivers (e. g. less than ten kilometres), atmospheric influences hardly interfere, which further accelerates the calculations.
- **PPP-RTK**  
PPP-RTK integrates the advantages of PPP and RTK and uses global correction services in real-time to compensate for the disadvantages of both approaches.



Die Wega ist eines von drei Vermessungs-, Wracksuch- und Forschungsschiffen des BSH in Hamburg. The Wega is one of three survey, wreck search and research vessels operated by BSH in Hamburg.

Quelle/Source: BSH

### Allzeit bereit dank DAB+

Die Einsatzmöglichkeiten für GEPOS sind vielfältig. So hat das BSH ein reges Interesse am neuen Dienst. GEPOS kann zuverlässig Positionsdaten liefern, die zur genauen Messung der Meeresbodentopographie benötigt werden. Für diesen Zweck ist angedacht, über einen längeren Zeitraum hinweg zusätzliche GNSS-Empfänger auf zwei BSH-Schiffen zu installieren. Das Technische Hilfswerk (THW) hat ebenfalls Interesse an GEPOS und möchte mit dem neuen Dienst mobile Pegel einmessen, die bei Hochwasserlagen den Wasserstand in Echtzeit messen.

GEPOS ist vorrangig ein Dienst für Bundesbehörden. Die Korrekturdaten können kostenfrei und in einem offen beschriebenen Datenformat empfangen werden. Der neue Satellitenpositionierungsdienst des BKG reicht bis an die deutsche Ländergrenze und ein Stück darüber hinaus, soweit Kooperationen mit den angrenzenden Ländern bestehen.

„In der Nord- und Ostsee deckt GEPOS die ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) ab, also die Zone im Meer, in der Deutschland noch Hoheitsrechte hat“, erklärt Christian Rost eine Besonderheit. „Diese Zonen gelten noch nicht als internationales Fahrwasser, d. h. die Bundesrepublik Deutschland kann dort Windparks bauen. Als Bundesbehörde sind wir verpflichtet, für das ganze Gebiet Deutschlands den Dienst zur Verfügung zu stellen. Daher auch für die AWZ, wobei uns für diese Region die Kollegen vom BSH unterstützen.“

Die GEPOS-Korrekturdaten werden in Echtzeit über das Internet zur Verfügung gestellt. Bei Nutzung der Mobilfunknetze kann dies zu Herausforderungen führen. Beispielsweise in ländlichen Regionen oder im Fall von Naturkatastrophen, wenn Mobilfunknetze nicht vorhanden oder unbrauchbar sind. Daher stellt das BKG die Korrekturdaten des neuen Dienstes zusätzlich über den digitalen Rundfunk bereit. Das Digital Audio Broadcasting Plus (DAB+) funktioniert über Radiowellen. DAB+ bleibt stabil, auch wenn viele Menschen gleichzeitig darauf zugreifen, da die Korrekturdaten ausgestrahlt werden. Ganz wie bei einem Radio.

### Ein Dienst mit doppeltem Netz

Ein Ausfall des Dienstes sollte nicht vorkommen, kann aber passieren. Um auf einen Ausfall schnellstmöglich reagieren zu können, wäre eine personelle Aufstockung wünschenswert, damit Bereitschaftsdienste am Wochenende umsetzbar sind. Die Systeme sind zwar gut aufeinander abgestimmt, aber falls ein Modul ausfällt, kann die Ressource Mensch eingreifen.

„Zum aktuellen Zeitpunkt ist das nicht dramatisch, weil unser Kundenstamm noch überschaubar ist“, sagt Christian Rost. „Bei steigenden Nutzerzahlen ist im Ernstfall Schnelligkeit gefragt, um das Problem zu beheben. Wir streben eine Verfügbarkeit des Dienstes von 95 Prozent und mehr an.“

Sollte GEPOS wider Erwarten ausfallen, dann springt die Zentrale Stelle SAPOS mit der Berechnungsinstanz der Bundesländer ein und sendet Korrekturdaten. Im umgekehrten Fall dient GEPOS als Absicherung für die Länderinstanz. Das ist Teil des Redundanzkonzeptes. Ein ähnliches doppeltes Netz gibt es in Bezug auf die Software. Die Computer für die Hauptrechenarbeit befinden sich in Frankfurt am Main, das Backup am Standort Leipzig. Dadurch ist eine permanente Bereitstellung des Dienstes sichergestellt. Egal wie stürmisch die Lage zu Lande, zu Wasser und in der Luft auch sein mag, mit GEPOS sehen wir sicheren und genauen Zeiten entgegen.

Weitere Informationen unter <https://gepos.sapos.de/>

To this end, BKG is working with a medium-sized company that has developed software for calculating correction data from GNSS data for this purpose. The format in which the data is sent is open, but not standardised.

### Always ready thanks to DAB+

The potential applications of GEPOS are diverse. BSH, for example, is very interested in the new service. GEPOS can provide reliable position data that is needed to accurately measure the topography of the seabed. For this purpose, it is planned to install additional GNSS receivers on two BSH ships over a longer period of time. The German Federal Agency for Technical Relief (THW) is also interested in GEPOS and would like to use the new service to measure mobile gauges that measure water levels in real-time during flood situations.

GEPOS is primarily a service for federal authorities. The correction data are free of charge and can be received in an openly described data format. BKG's new satellite positioning service extends to the German state border and a little beyond, insofar as there is cooperation with neighboring countries.

“In the North Sea and Baltic Sea, GEPOS covers the exclusive economic zone (EEZ), i.e. the zone in the sea in which Germany still has sovereign rights,” says Christian Rost, explaining a special feature. “These zones are not yet considered international waters, which means the Federal Republic of Germany can build wind farms there. As a federal authority, we are obliged to provide the service for the whole of Germany. This also applies to the EEZ, whereby our colleagues from BSH support us in this region.”

GEPOS correction data is made available in real-time via the Internet. This can lead to challenges when using mobile phone networks. For example, in rural areas or in the event of natural disasters, when mobile phone networks are not available or unusable. The correction data of the new BKG service will therefore also be broadcast via digital radio. Digital Audio Broadcasting Plus (DAB+) works via radio waves. DAB+ remains stable, even if many people access it at the same time, as the correction data is broadcast. Just like a radio.

### A service with a double network

An outage of the service should not occur, but it can happen. In order to be able to react to a failure as quickly as possible, an increase in personnel would be desirable so that on-call services can be realised at the weekend. The systems are well harmonised, but if a module fails, the human resource can intervene.

“At the moment, this is not dramatic because our customer base is still manageable,” Christian Rost points out, “but if the number of users increases, speed is of the essence to resolve the problem. We are aiming for a service availability of 95 per cent and more.”

If, contrary to expectations, GEPOS should fail, SAPOS central office steps in with the calculation instance of the Länder and sends correction data. In the opposite case, GEPOS serves as a backup for the federal state instance. This is part of the redundancy concept. There is a similar double network with regard to the software. The computers for the main computing are located in Frankfurt am Main, while the backup is in Leipzig. This ensures that the service is permanently available. No matter how stormy the situation may be on land, at sea or in the air, with GEPOS we can look forward to safe and precise times.

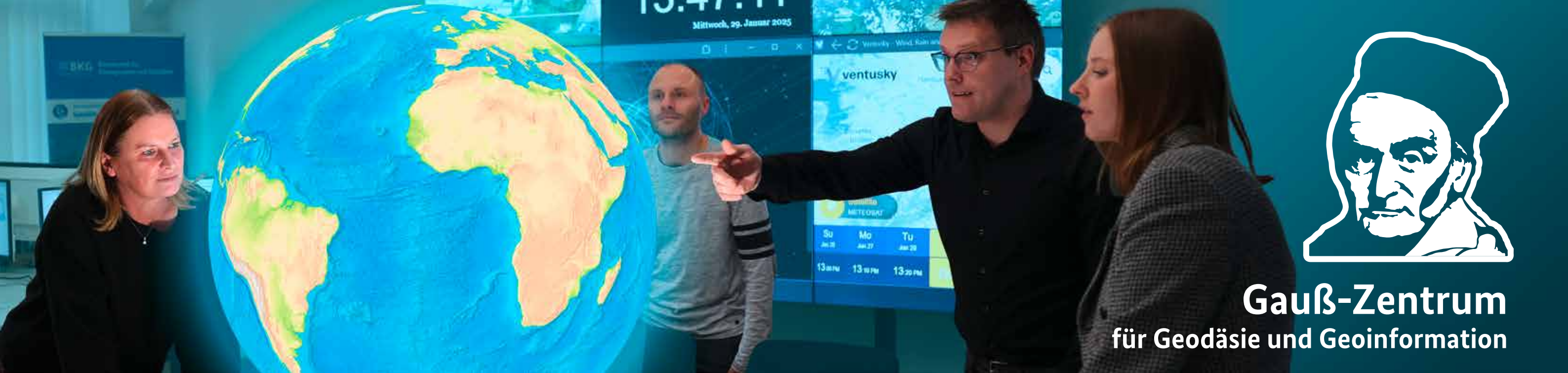
Further information can be found at:

<https://gepos.sapos.de/>



Quelle/Source: THW / Angelo Balke

Bad Münstereifel im Juli 2021 nach Überflutung durch Starkregen. Ein Helfer des Technischen Hilfswerks (THW) klettert ins Flussbett der Erft, um die Sonde von einem Messkoffer des Mobilten Hochwasser-Pegel-Systems zu platzieren. Bad Münstereifel in July 2021 after flooding due to heavy rain. A helper from the Federal Agency for Technical Relief (THW) climbs into the riverbed of the Erft to place the probe from a measuring case of the Mobile Flood Level System.



## Gauß-Zentrum für Geodäsie und Geoinformation

## Partner finden und Wissen schaffen

Wie Forschungsvorhaben im Gauß-Zentrum Realität werden

„Die bezaubernden Reize dieser erhabenen Wissenschaft enthüllen sich nur jenen, die den Mut haben, sie in ihrer Tiefe zu erforschen“ sagte Carl Friedrich Gauß (1777-1855), der sich bereits zu Lebzeiten den Titel eines „Principes Mathematicorum“ („Fürst der Mathematiker“) verdient hatte. Gauß, der im 18. und 19. Jahrhundert lebte, war ein Wunderkind der Mathematik, der bereits in jungen Jahren von sich Reden machte. Doch die Mathematik alleine war dem Workaholic Gauß nicht genug. Daher widmete er sich anderen mathematischen Forschungsfeldern. Wie der Geodäsie: der Vermessung der Erde. In dieser Disziplin entwickelte er bahnbrechende Methoden. So erstellte er Landkarten in damals unbekannter Genauigkeit. Gemeinsam mit dem Naturforscher Alexander von Humboldt (1769-1859) erforschte Gauß den Erdmagnetismus, ein Schutzschild gegen die gefährliche Strahlung der Sonne. Ein Netz von Messstationen in allen Teilen der Welt lieferte dazu wichtige Daten an die Zentrale in Göttingen. Dies ist ein frühes Beispiel für internationale Zusammenarbeit in der Forschung.

Es liegt daher auf der Hand, das virtuelle Forschungszentrum für Geodäsie und Geoinformation des BKG nach dem bekannten Mathematiker zu benennen. „Über das Gauß-Zentrum unterstützt und fokussiert das BKG Grundlagenforschung in Deutschland. Gegenstand der Beauftragung sind Projekte zu aktuell im BKG benötigten Forschungsthemen, d. h. Vorlaufforschung in den Bereichen Geoinformation und Geodäsie“, erklärt Dr. Thorsten

Dahms, wissenschaftlicher Mitarbeiter, die Aufgabe des Gauß-Zentrums.

Beim Gauß-Zentrum handelt es sich um ein virtuelles Forschungszentrum, da das BKG kein Labor oder einen Gebäudekomplex zur Verfügung stellt. „Im Prinzip existieren wir nur auf dem Papier“, führt Thorsten Dahms das Konstrukt aus, „und die Forschung, die wir betreiben, die lagern wir an Partner aus, die sich aus Universitäten und Unternehmen zusammensetzen können.“

Um die Auswahl von geeigneten Themen kümmert sich der Programmrat. Dieses Gremium setzt sich aus dem Präsidenten und den drei fachrelevanten Abteilungsleitern des BKG zusammen sowie drei Vertretern von Universitäten.

### Denken, Lenken, Vernetzen

„Bevor ein Projektthema festgelegt wird, steht immer die Frage im Raum ‚Was wollen wir?‘, denn jedes Projekt im Gauß-Zentrum hat eine Verbindung zu einem Themenfeld im BKG“, sagt Thorsten Dahms über die Anfangsüberlegungen zu möglichen Forschungsvorhaben.

Ist das Forschungsthema erst einmal festgelegt, muss sich Thorsten Dahms ganz genau überlegen, wie die Leistungsbeschreibung aussieht, damit das Beschaffungsamt eine passende Ausschreibung veröffentlichen kann. Dann haben Universitäten oder Unternehmen ausreichend Zeit,

## Finding partners and creating knowledge

How research projects become reality at the Gauss Centre

“The enchanting charms of this sublime science only reveal themselves to those who have the courage to explore it in depth,” said Carl Friedrich Gauss (1777-1855), who had already earned the title of “Princeps Mathematicorum” (“Prince of Mathematicians”) during his lifetime. Gauss, who lived in the 18th and 19th centuries, was a mathematical prodigy who made a name for himself at a young age. But maths alone was not enough for the workaholic Gauss. He therefore devoted himself to other fields of mathematical research. Like geodesy: the measurement of the Earth. He developed pioneering methods in this discipline. He created maps with unprecedented accuracy. Together with the natural scientist Alexander von Humboldt (1769-1859), Gauss researched geomagnetism, a protective shield against the sun’s dangerous radiation. A network of measuring stations in all parts of the world supplied important data to the centre in Göttingen. This is early example of international co-operation in research.

It is therefore an obvious choice to name BKG’s virtual research centre for for Geodesy and Geoinformation after the famous mathematician. “Through the Gauss Centre, the BKG supports and focuses on basic research in Germany. The subject of the commission are projects on research topics currently required at the BKG, i.e. preliminary research in the fields of geoinformation and geodesy,” says Dr Thorsten Dahms, research associate, explaining the task of the Gauss Centre.

The Gauss Centre is a virtual research centre, as BKG does not provide a laboratory or a building complex. “In principle, we only exist on paper,” says Thorsten Dahms, explaining the structure, “and we outsource the research we carry out to partners, which can be universities and companies.”

The Programme Council is responsible for selecting suitable topics. This committee is made up of the President and the three relevant department heads of BKG as well as three representatives from universities.

### Thinking, Steering, Networking

“Before a project topic is determined, there is always the question ‘What do we want?’, because every project at the Gauss Centre has a connection to a topic area at BKG,” says Thorsten Dahms about the initial considerations for possible research projects.

Once the research topic has been determined, Thorsten Dahms has to think very carefully about what the specifications should look like so that the procurement office can publish a suitable call for tenders. Universities or companies then have sufficient time to apply and BKG selects one or more suitable project partners.

A project is defined for a period of three years and divided into the following control sections:

sich zu bewerben und das BKG wählt geeignete Projektpartner aus.

Ein Projekt ist auf die Dauer von drei Jahren festgelegt und in folgende Kontrollabschnitte aufgeteilt:

1. Präsentation des Projektstatus  
Alle sechs Monate ist dem BKG der Projektstatus mündlich zu präsentieren.
2. Fortschrittsbericht  
Alle drei Monate ist ein Fortschrittsbericht in einem Umfang von etwa drei Seiten abzugeben.
3. Zwischenbericht  
Nach jedem Arbeitspaket ist dem BKG ein Zwischenbericht vorzulegen.
4. Abschlussbericht und Ergebnisübergabe  
Drei Jahre nach Projektbeginn liefert der Auftragnehmer dem BKG einen mindestens 50 Seiten umfassenden Abschlussbericht.

Ebenfalls zu den Aufgaben der Projektpartner gehört die Öffentlichkeitsarbeit. Diese erfolgt durch die Nennung des BKG als Co-Autor, wenn die Partner Forschungsergebnisse veröffentlichen. Auch in Präsentationen gibt es entsprechende Verweise auf das BKG.

„Dadurch bekommen wir in den Medien und der Fachpresse gezielte Aufmerksamkeit und positionieren uns als Organisation, die den fachlichen Austausch begleitet und unterstützt“, ergänzt Thorsten Dahms.

### Aktueller Stand der Forschungsprojekte im Gauß-Zentrum

Das Gauß-Zentrum umfasst derzeit drei Forschungsprojekte, die sich mit verschiedenen geodätischen Fragestellungen befassen:

#### Projekt 1: Zeitliche Veränderungen von Geodaten und ihre Analyse

Seit 2023 läuft das Projekt mit dem Titel „Der zeitliche Wandel von Geodaten“. Es untersucht, wie historische und aktuelle Karten helfen können, den Klimawandel zu analysieren und vorherzusagen.

Historische Karten liefern wertvolle Erkenntnisse über langfristige urbane Entwicklungen. Insbesondere die Landnutzung und der durch menschliche Aktivitäten verursachte Landwandel spielen eine wesentliche Rolle in

der Diskussion um die globale Erwärmung – ein Prozess, der insbesondere seit der Industriellen Revolution des 18. Jahrhunderts an Bedeutung gewonnen hat.

Für den Forschungsschwerpunkt Klimawandel fungiert das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR) als wissenschaftlicher Partner des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie. Neben dem IÖR sind weitere Forschungseinrichtungen an dem Projekt beteiligt. Ihre zentrale Aufgabe besteht in der Digitalisierung topographischer Karten sowie der automatisierten Klassifizierung von Landbedeckungsformen wie Wäldern, Gewässern oder landwirtschaftlichen Flächen. Aufgrund der enormen Datenmengen ist eine manuelle Analyse nicht praktikabel, weshalb der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) erforderlich ist.

Die Leibniz Universität Hannover sowie die Jade Hochschule erproben derzeit verschiedene Methoden aus den Bereichen Computer Vision und Maschinelles Lernen, um eine zuverlässige automatische Erkennung kartografischer Signaturen zu ermöglichen. Durch den Einsatz moderner KI-Technologien soll die Effizienz der Datenauswertung erheblich gesteigert werden.

#### Projekt 2: Geodäsie im Kontext des Klimawandels und Umweltmonitoring

Ein weiteres Projekt des Gauß-Zentrums befasst sich mit der Rolle der Geodäsie im Zusammenhang mit Klimawandel, Meeresspiegelveränderungen und Umweltmonitoring. Derzeit befindet sich dieses Vorhaben noch in der Planungsphase. Erste Abstimmungen zwischen den Forschungspartnern laufen bereits, sodass der offizielle Projektstart im kommenden Jahr erfolgen kann.

#### Projekt 3: Entwicklung einer 3D-Plattform für Geodaten

Das dritte Projekt trägt den Titel „Schnell und einfach von Geodaten zur 3D-Plattform“. Die Ausschreibung dieses Projekts läuft bereits.

Mit der Einrichtung des Gauß-Forschungszentrum würdigt das BKG einen großen Wissenschaftler der Geschichte. In Anlehnung an sein berühmtes Zitat „Nichts ist getan, wenn noch etwas zu tun übrig ist“ sind auch zukünftig wissenschaftliche Fragestellungen rund um die Geodäsie im virtuellen Forschungszentrum an der richtigen Adresse.

1. Presentation of the project status  
The project status must be presented verbally to BKG every six months.
2. Progress Report  
A progress report of around three pages must be submitted every three months.
3. Interim Report  
An interim report must be submitted to BKG after each work package.
4. Final Report and presentation of results  
Three years after the start of the project, the contractor shall provide BKG with a final report of at least 50 pages.

Public relations work is also one of the tasks of the project partners. This is done by naming BKG as a co-author when the partners publish research results. There are also corresponding references to the BKG in presentations.

“This gives us targeted attention in the media and the trade press and positions us as an organisation that accompanies and supports professional exchange,” adds Thorsten Dahms.

#### Current status of research projects at the Gauss Centre

The Gauss Centre currently comprises three research projects dealing with various geodetic issues:

##### Project 1: Temporal changes in geodata and their analysis

The project entitled “The temporal change of geodata” has been underway since 2023. It investigates how historical and current maps can help to analyze and predict climate change.

Historical maps provide valuable insights into long-term developments, for example in urbanisation or changes in land cover. Land use and land change caused by human activity play a particularly important role in the discussion about global warming – a process that has become increasingly important since the Industrial Revolution of the 18th century.

The Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development (IOER) is the scientific partner of the Federal Agency for Cartography and Geodesy or the climate change research programme. In addition to the IOER, other research institutions are also involved in the project.

Its central task is the digitisation of topographic maps and the automated classification of land cover types such as forests, bodies of water and agricultural land. Due to the enormous amount of data, manual analysis is not practicable, which is why the use of artificial intelligence (AI) is required.

Leibniz University Hannover and Jade University are currently testing various methods from the fields of computer vision and machine learning to enable reliable automatic recognition of cartographic signatures. The use of modern AI technologies should significantly increase the efficiency of data analysis.

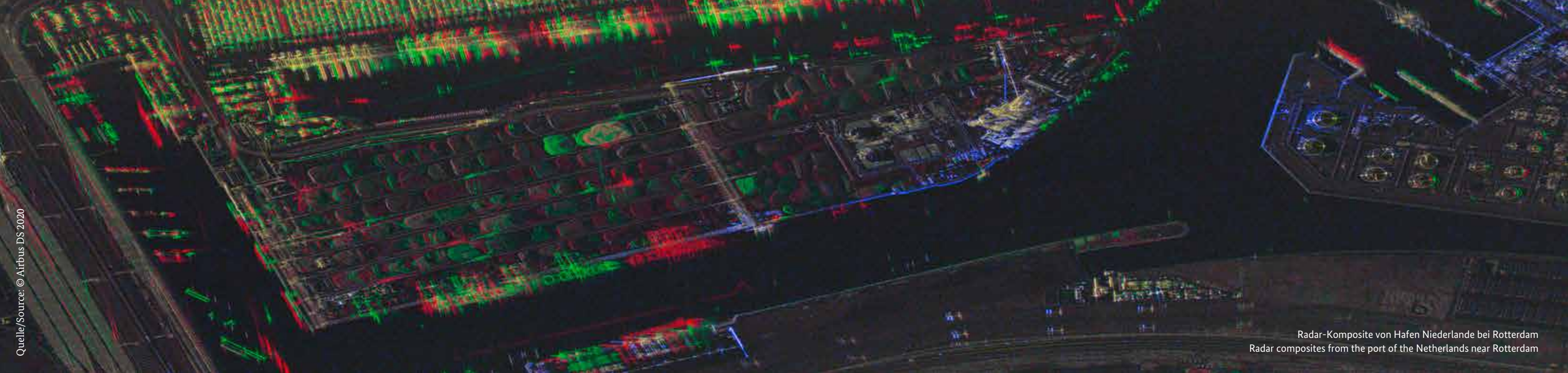
#### Project 2: Geodesy in the context of climate change and environmental monitoring

Another project of the Gauss Centre is concerned with the role of geodesy in connection with climate change, sea level changes and environmental monitoring. This project is currently still in the planning phase. Initial coordination between the research partners is already underway so that the official project launch can take place next year.

#### Project 3: Development of a 3D platform for geodata

The third project is entitled “Quick and easy from geodata to 3D platform”. The tender for this project is already underway.

With the establishment of the Gauss Research Centre, BKG honours a great scientist in history. In the spirit of his famous quote “Nothing is done if there is still something left to do” the virtual research centre will continue to be the right address for scientific questions relating to geodesy in the future.



Radar-Komposite von Hafen Niederlande bei Rotterdam  
Radar composites from the port of the Netherlands near Rotterdam

## Wendeltreppe im Orbit:

### Wie Satelliten gemeinsam 3D-Bilder erstellen

Eine Autobahnbrücke sieht für das bloße Auge stabil und unverändert aus. Doch manchmal senkt sich ein Bauwerk um wenige Zentimeter, ohne dass es auffällt. Das kann verheerende Folgen haben. Genau hier können Radarsatelliten einen wichtigen Beitrag leisten. Sie liefern Bilder, die kleinste Veränderungen an Brücken, Gebäuden oder Landschaften sichtbar machen. Das ist besonders wichtig für die Überwachung von Verkehrswegen, Bauwerken, aber auch von Kulturgütern und hangrutschgefährdeten Gebieten.

Eine Aufgabe von Satelliten besteht darin, Bilder von der Erde zu machen. Hierbei unterscheidet die Wissenschaft zwischen zwei verschiedenen Satellitensystemen: aktive und passive Systeme.

- **Passive Satelliten** (Optische Systeme) sind wie Kameras, die aus dem Weltraum fotografieren. Sie nutzen das von der Erde reflektierte Sonnenlicht, um Bilder von der Erde zu erstellen. Das bedeutet jedoch, wenn es dunkel ist oder Wolken die Sicht blockieren, können sie keine guten Bilder produzieren. Aber da Satellitenbilder von optischen Satelliten einem normalen Foto ähneln, sind sie auch für Personen, die sonst nichts mit Satellitenbildern zu tun haben, gut zu interpretieren.
- **Aktive Satelliten** (Radargestützte Systeme) arbeiten nicht mit Sonnenlicht, sondern sind in der Lage, selbst Strahlung auszusenden. Die verwendete Strahlung hat den großen Vorteil, dass sie Wolken durchdringt und

tageszeitunabhängig ist. Das ist besonders bei Naturkatastrophen wie Überschwemmungen hilfreich, wenn es stark regnet und Wolken die Sicht versperren. Radarsatelliten liefern dann trotzdem zuverlässig wertvolle Bilder.

#### Die geheimen Wege der Radarsignale

„Ein Radarsatellit sendet Energie in Form von Mikrowellenstrahlung zur Erde. Diese Strahlung trifft auf die Erdoberfläche und wird zurück zum Satelliten reflektiert. Dabei spielt es keine Rolle, ob es Tag oder Nacht ist oder ob Wolken am Himmel stehen. Der Satellit empfängt die reflektierten Strahlen und erstellt daraus ein Bild“, erklärt Dr. Julia Kluge, Sachgebietsleitung Servicestelle Fernerkundung, die Funktionsweise von Radarsatelliten.

Radarstrahlen gibt es in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen. Die passende Wellenlänge ist abhängig vom Einsatzbereich. So gibt es Radarstrahlen, die direkt von der Oberfläche oder von Baumblättern zurückgeworfen werden. Sie sind gut geeignet, um die Erdoberfläche zu kartieren. Andere Radarstrahlen hingegen durchdringen das Blätterdach und werden erst am Boden reflektiert. Diese Strahlen sind nützlich, um Waldgebiete genauer zu untersuchen. Es gibt sogar einige Wellenlängen, die in den Boden eindringen können. Das ist hilfreich, um Veränderungen unter der Oberfläche zu erkennen. Beispielsweise, um Informationen zur Bodenfeuchte zu bekommen.

## Spiral staircase in orbit:

### How satellites create 3D images together

clouds block visibility. Radar satellites then still reliably deliver valuable images.

#### The secret paths of radar signals

“A radar satellite sends energy to the Earth in the form of microwave radiation. This radiation hits the Earth’s surface and is reflected back to the satellite. It doesn’t matter whether it is day or night or whether there are clouds in the sky. The satellite receives the reflected radiation and uses it to create an image,” explains Dr Julia Kluge, Head of the Remote Sensing Service Centre, explaining how radar satellites work.

Radar beams are available in different wavelength ranges. The appropriate wavelength depends on the area of application. For example, there are radar beams that are reflected directly from the surface or from tree leaves. They are well suited to mapping the Earth’s surface. Other radar beams, on the other hand, penetrate the canopy and are only reflected on the ground. These beams are useful for analysing forest areas in more detail. There are even some wavelengths that can penetrate the ground. This is helpful for recognising changes below the surface. For example, to obtain information on soil moisture.

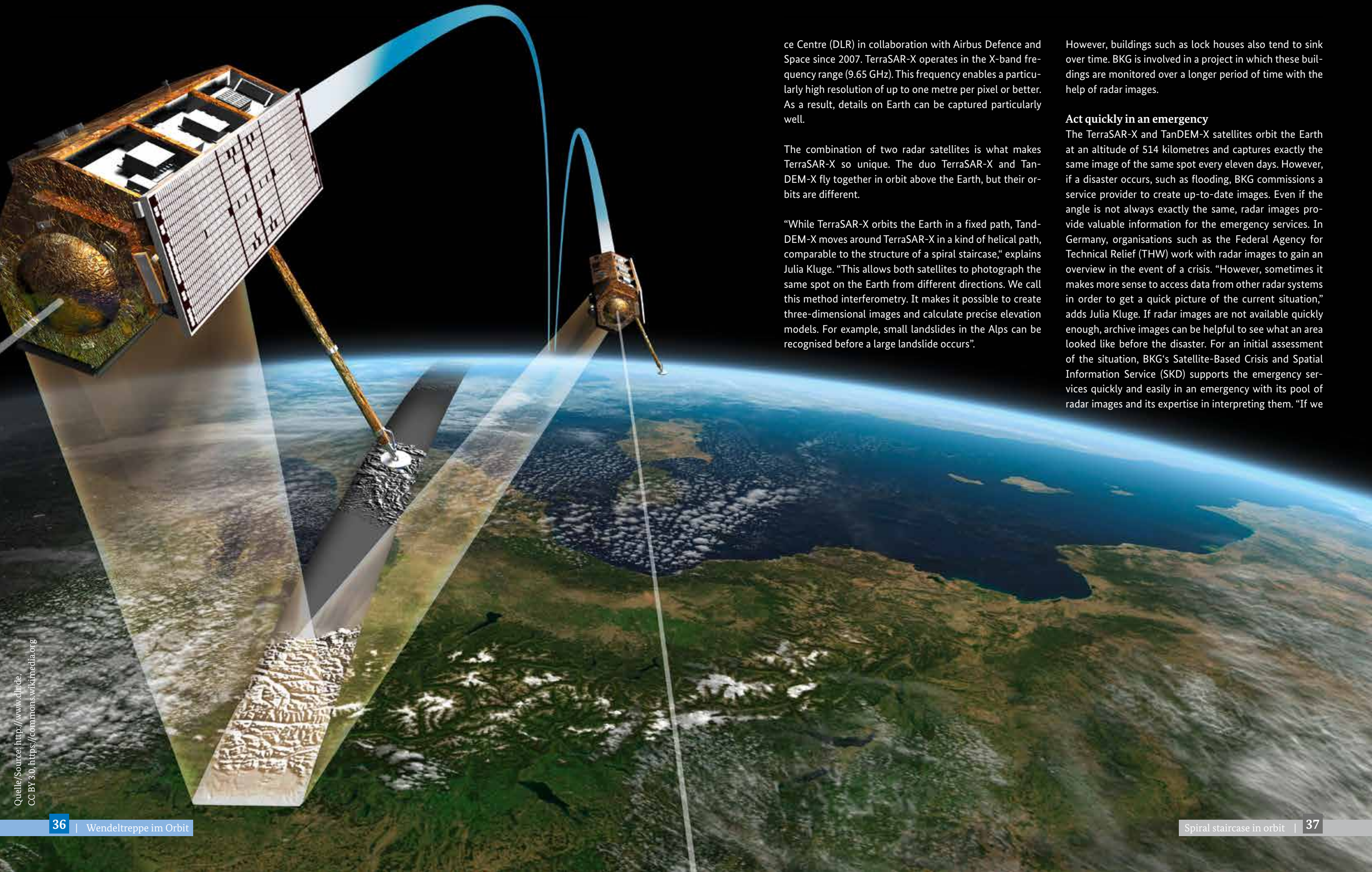
#### Two satellites for better images

The TerraSAR-X system is a speciality in the field of radar-based systems. This is a German Earth observation satellite that has been operated by the German Aerospace

To the naked eye, a motorway bridge looks stable and unchanged. But sometimes a structure sinks by a few centimetres without being noticed. This can have devastating consequences. This is precisely where radar satellites can make an important contribution. They create images that make the smallest changes to bridges, buildings or landscapes visible. This is particularly important for monitoring transport routes and buildings, as well as cultural assets and landslide-prone areas.

One of the tasks of satellites is to take pictures of the Earth. Scientists distinguish between two different satellite systems: active and passive systems.

- **Passive satellites** (optical systems) are like cameras that take pictures from space. They use the sunlight reflected from the Earth to create images of the Earth. However, this means that when it is dark or clouds block the view, they cannot produce good images. But because satellite images from optical satellites are similar to a normal photograph, they are easy to interpret even for people who have nothing else to do with satellite images.
- **Active satellites** (radar-based systems) do not work with sunlight, but are able to emit radiation themselves. The radiation used has the great advantage that it penetrates clouds and is independent of the time of day. This is particularly helpful in the event of natural disasters such as floods, when it is raining heavily and



ce Centre (DLR) in collaboration with Airbus Defence and Space since 2007. TerraSAR-X operates in the X-band frequency range (9.65 GHz). This frequency enables a particularly high resolution of up to one metre per pixel or better. As a result, details on Earth can be captured particularly well.

The combination of two radar satellites is what makes TerraSAR-X so unique. The duo TerraSAR-X and TanDEM-X fly together in orbit above the Earth, but their orbits are different.

“While TerraSAR-X orbits the Earth in a fixed path, TanDEM-X moves around TerraSAR-X in a kind of helical path, comparable to the structure of a spiral staircase,” explains Julia Kluge. “This allows both satellites to photograph the same spot on the Earth from different directions. We call this method interferometry. It makes it possible to create three-dimensional images and calculate precise elevation models. For example, small landslides in the Alps can be recognised before a large landslide occurs”.

However, buildings such as lock houses also tend to sink over time. BKG is involved in a project in which these buildings are monitored over a longer period of time with the help of radar images.

#### Act quickly in an emergency

The TerraSAR-X and TanDEM-X satellites orbit the Earth at an altitude of 514 kilometres and captures exactly the same image of the same spot every eleven days. However, if a disaster occurs, such as flooding, BKG commissions a service provider to create up-to-date images. Even if the angle is not always exactly the same, radar images provide valuable information for the emergency services. In Germany, organisations such as the Federal Agency for Technical Relief (THW) work with radar images to gain an overview in the event of a crisis. “However, sometimes it makes more sense to access data from other radar systems in order to get a quick picture of the current situation,” adds Julia Kluge. If radar images are not available quickly enough, archive images can be helpful to see what an area looked like before the disaster. For an initial assessment of the situation, BKG’s Satellite-Based Crisis and Spatial Information Service (SKD) supports the emergency services quickly and easily in an emergency with its pool of radar images and its expertise in interpreting them. “If we

### Zwei Satelliten für bessere Bilder

Eine Besonderheit im Bereich der aktiven Radarsysteme ist das sogenannte TerraSAR-X System. Es handelt sich hierbei um einen deutschen Erdbeobachtungssatellit, der vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Airbus Defence and Space seit 2007 betrieben wird. TerraSAR-X arbeitet im X-Band-Frequenzbereich (9,65 GHz). Diese Frequenz ermöglicht eine besonders hohe Auflösung von bis zu einem Meter pro Pixel oder besser. Dadurch können Details auf der Erde besonders gut erfasst werden.

Die Kombination aus zwei Radarsatelliten macht TerraSAR-X so einzigartig. Das Duo TerraSAR-X und TanDEM-X fliegt gemeinsam im Orbit über die Erde hinweg, aber ihre Bahnen verlaufen unterschiedlich.

„Während TerraSAR-X in einer festen Bahn um die Erde kreist, bewegt sich TanDEM-X in einer Art Helixbahn, vergleichbar mit der Struktur einer Wendeltreppe um TerraSAR-X herum“, erklärt Julia Kluge. „Dadurch können beide Satelliten dieselbe Stelle auf der Erde aus unterschiedlichen Richtungen fotografieren. Diese Methode bezeichnen wir als Interferometrie. Sie ermöglicht es, dreidimensionale Bilder zu erstellen und präzise Höhenmodelle zu berechnen. So lassen sich zum Beispiel kleine Hangrutschungen in den Alpen erkennen, bevor eine große Rutschung passiert“.

Aber auch Gebäude, wie beispielsweise Schleusenhäuschen, neigen dazu, sich mit der Zeit abzusinken. Hier ist das BKG in ein Projekt involviert, bei dem diese Gebäude über einen längeren Zeitraum hinweg mit Hilfe von Radarbildern überwacht werden.

### Im Ernstfall schnell agieren

Die Satelliten TerraSAR-X und TanDEM-X umkreisen die Erde in 514 Kilometern Höhe und nimmt alle elf Tage ein exakt gleiches Bild derselben Stelle auf. Wenn jedoch eine Katastrophe eintritt, wie beispielsweise eine Überschwemmung, beauftragt das BKG einen Dienstleister, um aktuelle Bilder erstellen zu lassen. Auch wenn der Winkel dann nicht immer genau gleich ist, liefern Radarbilder wertvolle Informationen für die Einsatzkräfte. In Deutschland arbeiten Organisationen wie das Technische Hilfswerk (THW) mit Radarbildern, um sich im Krisenfall einen Überblick zu verschaffen. „Manchmal ist es aber sinnvoller, auf die Daten anderer Radarsysteme zuzugreifen,

um sich schnell ein Bild von der aktuellen Lage machen zu können“, ergänzt Julia Kluge. Stehen Radarbilder nicht schnell genug zur Verfügung, können Archivbilder hilfreich sein, um zu sehen, wie ein Gebiet vor der Katastrophe aussah. Für eine erste Einschätzung der Situation unterstützt der Satellitengestützte Krisen- und Lagedienst (SKD) des BKG die Einsatzkräfte im Ernstfall schnell und unkompliziert mit seinem Fundus an Radarbildern und seiner Expertise, diese zu interpretieren. „Wenn wir absehen können, dass eine Anfrage zum Beispiel vom THW oder der Bundespolizei reinkommen könnte, beginnen wir bereits mit Recherchen nach geeignetem Bildmaterial im Archiv und behalten alle möglichen Überflüge von Satelliten über dem Krisengebiet im Blick, um bei Bedarf schnellstmöglich die Aufnahme von hochaktuellen Satellitenbildern beauftragen zu können“, fügt Julia Kluge hinzu. Schließlich kommt es im Katastrophenfall auf jede Minute an.

### Die richtige Balance zwischen Auflösung und Bildgröße

Wenn die Mitarbeitenden des SKD ein Bild in Auftrag geben, dann müssen sie sich bewusst sein, was genau benötigt wird. Hier gibt es verschiedene Optionen, die sich auf die Auflösung des Bildes auswirken. Radarsatelliten sind in der Lage, Bilder von unterschiedlich großen Gebieten aufzunehmen. Dabei gibt es einen Kompromiss zwischen der Größe des Bildes und der Detailschärfe:

- Ein breites Bild (z. B. 30 km x 50 km) hat eine geringere Auflösung, etwa drei Meter pro Pixel. Das reicht für einen groben Überblick.
- Ein kleines Gebiet (z. B. 4 km x 3,7 km) kann in einer sehr hohen Auflösung dargestellt werden, etwa 25 Zentimeter pro Pixel. Der Detailgrad solcher Aufnahmen ist enorm, sie eignen sich aber nur für kleine Flächen.

### Interpretation von Radarbildern

Radarbilder zu verstehen, ist nicht ganz einfach. Im Gegensatz zu optischen Fotos sehen Radarbilder oft aus wie graue, unübersichtliche Flächen.

„Die Bilder wirken wie eine Schattierung aus Schwarz und verschiedenen Grautönen. Schwarze Flächen stellen Wasser dar und das Land erscheint in verschiedenen Grautönen. So können wir zum Beispiel leicht erkennen, welche Gebiete überflutet sind und welche nicht“, erklärt Julia Kluge.

can foresee that a request might come in from the THW or the Federal Police, for example, we already start researching suitable image material in the archive and keep an eye on all possible satellite overflights over the crisis area so that we can order the recording of highly up-to-date satellite images as quickly as possible if necessary“, adds Julia Kluge. After all, every minute counts in the event of a disaster.

### The right balance between resolution and image size

When SKD employees commission an image, they need to be aware of what exactly is required. There are various options that affect the resolution of the image. Radar satellites are capable of capturing images of different sized areas. There is a trade-off between the size of the image and the sharpness of detail:

- A wide image (e. g. 30 km x 50 km) has a lower resolution, about three metres per pixel. This is sufficient for a rough overview.
- A small area (e. g. 4 km x 3.7 km) can be displayed in a very high resolution, around 25 centimetres per pixel. The level of detail of such images is enormous, but they are only suitable for small areas.

### Interpretation of radar images

Understanding radar images is not easy. In contrast to optical photos, radar images often look like grey, unclear areas.

“The pictures look like a shade of black and various shades of grey. Black areas represent water and the land appears in various shades of grey. For example, we can easily recognise which areas are flooded and which are not,” explains Julia Kluge.

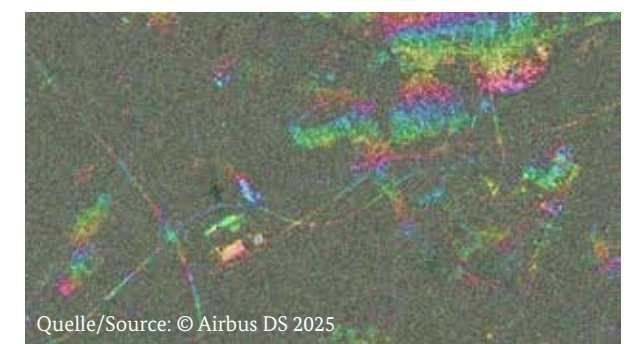
Analysing radar images requires special knowledge. There are only a few experts who are really good at working with this data. Above all, experience in this field is important for the correct interpretation of the data. Different radar systems provide relatively similar images, but each sensor has its own subtleties, which sometimes introduce small errors. It is then the task of the experts at SKD to recognise these sensor-specific factors and take them into account when processing the images. BKG prepares the images for the emergency services in such a way that the most important information is easily recognisable.

### A valuable tool for the future

Of course, the primary aim of flooding is to save human lives. But the loss of cultural assets in this context should not be ignored.

For this reason, there have already been projects in which the SKD has analysed the location of cultural assets in flood plains. Here, the focus is usually on the question of whether these buildings are endangered by flood events.

In addition, the use of radar satellite images remains an indispensable tool for monitoring traffic routes such as motorway or railway bridges. They help to manage disasters, protect cultural assets and recognise ground movements at an early stage. Although the analysis of radar images is complex, they offer clear advantages over optical satellites, especially in poor weather conditions or at night. With increasing experience and new technologies, this area will become even more important in the future.



Radar-Interferometrie von einer Autobahn in Deutschland bei Bernburg (Saale)  
Radar interferometry of highway in Germany near Bernburg (Saale)

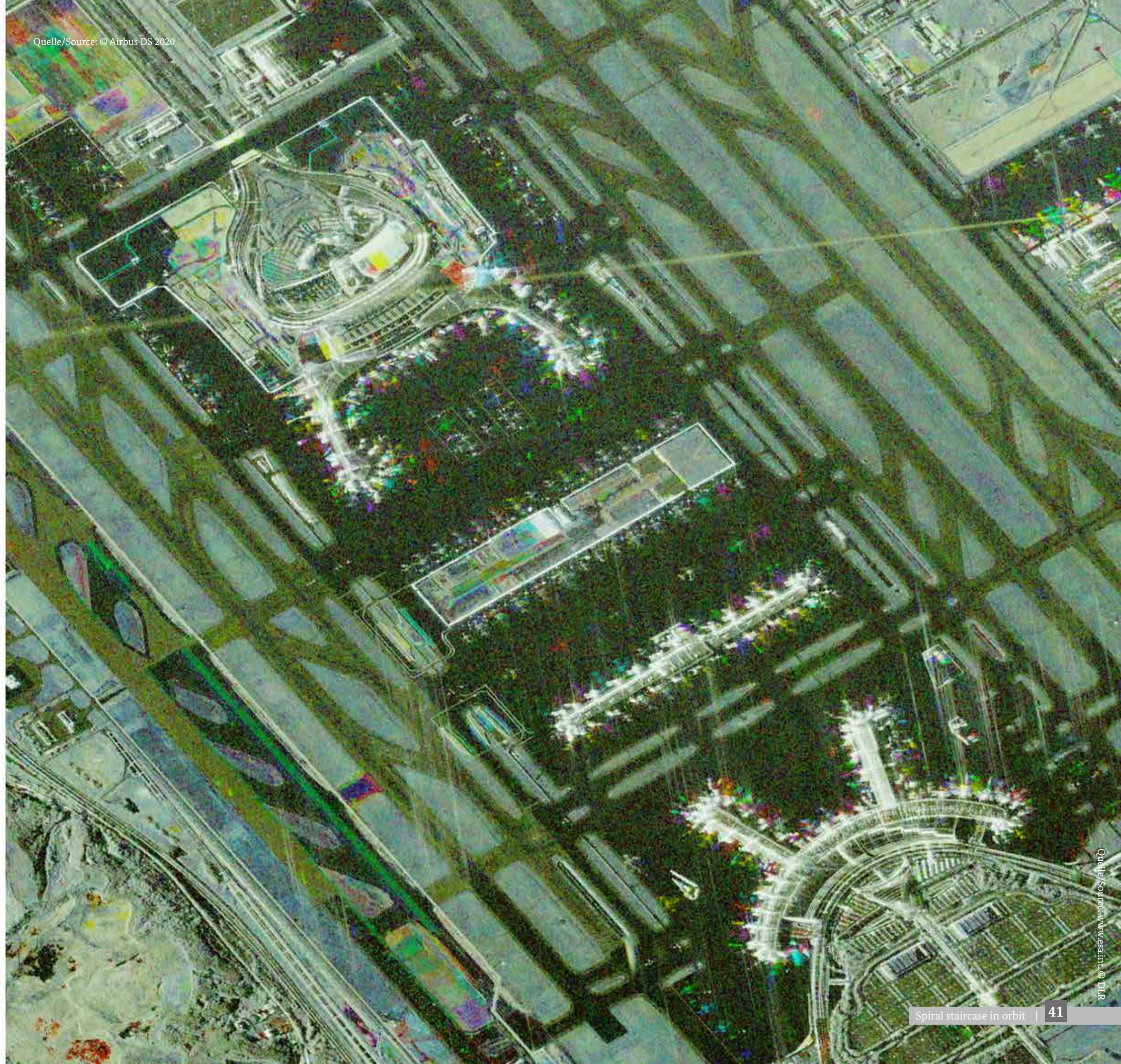
Die Auswertung von Radarbildern erfordert spezielle Kenntnisse. Es gibt nur wenige Experten, die wirklich gut mit diesen Daten arbeiten können. Für die richtige Interpretation der Daten ist vor allem Erfahrung auf diesem Gebiet wichtig. Unterschiedliche Radarsysteme liefern relativ ähnliche Bilder, aber jeder Sensor hat seine eigenen Feinheiten, die manchmal auch kleine Fehler mit sich bringen. Es ist dann die Aufgabe der Experten des SKD, diese sensortypischen Faktoren zu kennen und bei der Bildaufbereitung zu berücksichtigen. Für Einsatzkräfte bereitet das BKG die Bilder so auf, dass die wichtigsten Informationen leicht erkennbar sind.

#### Ein wertvolles Werkzeug für die Zukunft

Natürlich geht es bei Überschwemmungen in erster Linie darum, Menschenleben zu retten. Aber der Verlust von Kulturgütern in diesem Zusammenhang ist nicht außer Acht zu lassen.

Daher gab es bereits Projekte, bei dem der SKD die Lage von Kulturgütern in Überschwemmungsgebieten analysierte. Hier steht zumeist die Frage im Zentrum, ob diese Bauwerke durch Hochwasserereignisse in ihrer Bausubstanz gefährdet sind.

Darüber hinaus bleibt der Einsatz von Radarsatellitenbildern ein unverzichtbares Werkzeug für die Überwachung von Verkehrswegen wie Autobahn- oder Eisenbahnbrücken. Sie helfen, Katastrophen zu bewältigen, Kulturgüter zu schützen und Bodenbewegungen frühzeitig zu erkennen. Obwohl die Auswertung von Radarbildern komplex ist, bieten sie klare Vorteile gegenüber optischen Satelliten, vor allem bei schlechten Wetterbedingungen oder in der Nacht. Mit zunehmender Erfahrung und neuen Technologien wird dieser Bereich in Zukunft noch wichtiger werden.



# Geodäten beobachten den Nachthimmel

## Wie das BKG mit Sternbeobachtungen die Höhenbestimmung verbessert

Eine laue sternenklare Sommernacht. An einem Feldweg in der Nähe von Leipzig hantieren Mitarbeitende des BKG mit Stirnlampen an einem merkwürdigen Objekt. Auf einem massiven Unterbau ist senkrecht ein Fernrohr mit einem Durchmesser von gut 20 Zentimetern angebracht. Es ist auf den höchsten Punkt des Himmelszeltes ausgerichtet. Nach einem Knopfdruck ertönt ein Klicken und wie von Geisterhand erscheinen Hunderte gelbe Punkte auf dem Bildschirm eines Notebooks.

Bei dem mysteriösen Objekt handelt es sich um ein sogenanntes Zenitkamarasystem, ein Gerät, das Lotabweichungen durch Himmelsaufnahmen misst. Die Bauart des Modells CODIAC ist weltweit einzigartig. Bisher wurden nur zwei Exemplare gebaut – eines in Rot und eines in Blau. Die Seriennummer „ROT“ wurde dem BKG leihweise von der Schweizer Partnerbehörde swisstopo bereitgestellt.

Der Zenit ist der höchste Punkt am Himmel. Er ist die gedachte Verlängerung der tatsächlichen Lotlinie, deren Richtung der unregelmäßigen Form des Schwerfeldes der Erde folgt. Klassische Vermessungsmethoden wie Winkel-, Strecken- und Höhenmessungen mit Theodolit, Tachymeter und Nivellier orientieren sich an dieser Schwerkraftlinie und der dazugehörigen waagerechten Ebene. Um diese Messungen mit den dreidimensionalen Koordinaten aus GNSS-Daten (z. B. GPS) zu verknüpfen, muss das örtliche Schwerfeld der Erde genau bekannt sein. Mit astro-geodätischen Methoden wie der Zenitkamera können solche Modelle überprüft und verbessert werden.

# Geodesists observe the night sky

## How BKG improves height determination with star observations

A balmy, starry summer night. On a country lane near Leipzig, employees of BKG are working with headlamps on a strange object. A telescope with a diameter of a good 20 centimetres is mounted vertically on a massive base. It is aligned to the highest point of the firmament. After pressing a button, a click sounds and, as if by magic, hundreds of yellow dots appear on the screen of a notebook.

The mysterious object is a so-called zenith camera system, a device that measures deflection of the vertical by taking pictures of the sky. The design of the CODIAC model is unique in the world. So far, only two examples have been built – one in red and one in blue. The serial number “RED” was provided to BKG on loan by the Swiss partner authority swisstopo.

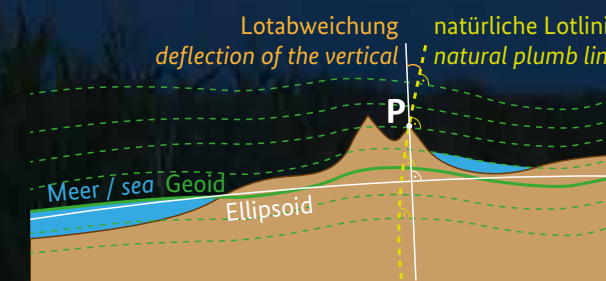
The zenith is the highest point in the sky. It is the imaginary extension of the actual plumb line, the direction of which follows the irregular shape of the Earth's gravitational field. Classical surveying methods such as angle, distance and height measurements with theodolite, total station and levelling instrument are based on this line of gravity and the corresponding horizontal plane. In order to link these measurements with the three-dimensional coordinates from GNSS data (e. g. GPS), the local gravity field of the Earth must be known precisely. Astro-geodetic methods such as the zenith camera can be used to check and improve such models.

### Traditional method for modern height determination applications

Photographic images of the stars can be used to determine the longitude and latitude of the location on Earth. In the age of global positioning systems, this sounds rather old-fashioned. Yes, the measurement method is not new. Until the launch of the first global navigation satellite systems (GNSS), it was used to determine the coordinate system for longitude and latitude for the triangular networks of classic land surveying. Today, however, we are interested in a different measurement parameter.

The plumb line and the horizontal plane at each point are determined by the direction of gravity. The scientists at BKG can therefore also deduce the local course of the Earth's gravitational field from the measurements with the zenith camera. The geodesists obtain so-called deflections of the vertical from the comparison with GNSS measurements. These indicate the extent to which the direction of the actual plumb line at the location deviates from that of an idealised Earth figure, the ellipsoid. BKG can use the plumb line deviations to validate the height reference surface with independent measurements. The measurement method is known as astronomical geodetic levelling.

The geoid is the reference surface for classic methods of height measurement. A model of the height reference surface is required to determine the height above sea level from GNSS measurements. This mainly concerns construction projects for which an exact height is important. Water pipes must have the correct gradient, bridges and tunnels must have the correct height on both sides. And dykes need to be raised for coastal and flood protection. The official height reference surface for Germany is the German Combined Quasigeoid (GCG). It is calculated by BKG and the Institute of Geodesy (IfE) at Leibniz Universität Hannover for use with the current coordinates and heights in Germany and is provided by BKG's Service Centre (DLZ). The current version is GCG2016.



### Traditionelles Verfahren für moderne Anwendungen der Höhenbestimmung

Aus den photographischen Aufnahmen der Sterne können Länge und Breite des Standortes auf der Erde bestimmt werden. Im Zeitalter der globalen Positionierungssysteme klingt das ziemlich altmodisch. Ja, das Messverfahren ist nicht neu. Bis zum Start der ersten globalen Navigationssatellitensysteme (GNSS) diente es zur Festlegung des Koordinatensystems für Längen- und Breitengrade für die Dreiecksnetze der klassischen Landesvermessung. Doch heute sind wir an einer anderen Messgröße interessiert.

Die Lotlinie und die Horizontale in jedem Punkt werden durch die Richtung der Schwerkraft vorgegeben. Daher können die Wissenschaftler des BKG aus den Messungen mit der Zenitkamera auch auf den lokalen Verlauf des Erdschwerefeldes schließen. Aus dem Vergleich mit GNSS-Messungen erhalten die Geodäten Lotabweichungen. Diese geben an, wie stark die Richtung der tatsächlichen Lotlinie am Standort von derjenigen für eine idealisierte Erdfigur, dem Ellipsoid, abweicht. Mit Hilfe der Lotabweichungen kann das BKG die Höhenbezugsfläche mit unabhängigen Messungen validieren. Das Messverfahren wird als astronomisch-geodätisches Nivellement bezeichnet.

Das Geoid ist die Bezugsfläche für klassische Verfahren der Höhenmessung. Ein Modell der Höhenbezugsfläche wird benötigt, um die Höhe über dem Meeresspiegel aus GNSS-Messungen zu bestimmen. Das betrifft vor allem Bauvorhaben, für die eine exakte Höhe wichtig ist. Wasserleitungen müssen das richtige Gefälle, Brücken und Tunnel auf beiden Seiten die richtige Höhe haben. Und für den Küsten- und Hochwasserschutz müssen die Deiche erhöht werden. Die offizielle Höhenbezugsfläche für Deutschland ist das German Combined Quasigeoid (GCG). Es wird vom BKG und dem Institut für Erdmessung (IfE) der Leibniz Universität Hannover zur Verwendung mit den jeweils aktuellen Koordinaten und Höhen in Deutschland berechnet und durch das Dienstleistungszentrum (DLZ) des BKG bereitgestellt. Die aktuelle Version ist das GCG2016.

### Ein mobiles Messlabor für den Feldeinsatz

Die CODIAC-Kamera ist eines der modernsten und weltweit genauesten Zenitkamarasysteme. Liegen die Messpunkte dicht genug, kann die lokale Neigung der Horizontalebene mit einer Genauigkeit im Bereich von wenigen Millimetern pro Kilometer bestimmt werden. Die Messungen mit der Zenitkamera eignen sich daher besonders zur Überprüfung der Höhenbezugsfläche.

Möglich wird dies durch die spezielle Bauweise und ein komplexes, voll automatisiertes Messprogramm. Hinter einem lichtstarken Objektiv sitzt ein empfindlicher Bildsensor und erfasst Sterne, die der Mensch mit bloßem Auge nicht sieht. Der Unterbau, welcher neben der Optik noch zusätzliche Sensoren und Steuerelektronik trägt, wiegt 120 Kilogramm. Das allein sorgt schon für Stabilität, aber auch für einen gewissen Trainingseffekt beim Auf- und Abbau. Durch eine automatische Ausrichtung über Neigungssensoren und Drehungen des Fernrohrs in vier Richtungen werden systematische Fehlereinflüsse minimiert. Pro Himmelsrichtung macht die Zenitkamera zwölf Aufnahmen je Messpunkt. Dies verringert zusätzlich das Messrauschen, also schnelle und zufällige Schwankungen des Messwertes. Die Detektion und Messung der Sterne im Bild sowie die weitere Auswertung geschieht ebenfalls vollautomatisch in der Mess- bzw. Auswertesoftware.

### Erste Bilanz: alles im Lot!

Das BKG hat im Jahr 2024 erste eigene Zenitmessungen durchgeführt. Ein Testgebiet befindet sich im Umkreis von Leipzig. Hier wurden bisher 20 Punkte gemessen. Im Rahmen der grenzübergreifenden Kooperation zum Alpengeoid (European Alps Geoid Project) hat das BKG gemeinsam mit dem österreichischen Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) ein Testprofil in Ehrwald (Zugspitzregion) angelegt. Die Messungen mit dem CODIAC-System werden 2025 fortgesetzt. Doch bereits die ersten Auswertungen bestätigen eine Genauigkeit der Neigung der Höhenbezugsfläche von drei Millimetern über eine Distanz von einem Kilometer. Für das Jahr 2026 ist eine Neuberechnung des GCG auf Grundlage der neuesten und besten Grundlagendaten (u. a. Messungen der Schwerebeschleunigung und Einbezug eines aktualisierten digitalen Geländemodells) geplant. Die gute Nachricht: Auf das GCG2016 können Nutzer sich nach wie vor verlassen.

Das Zenitkamarasystem CODIAC im Einsatz.  
The CODIAC zenith camera system in use.

### A mobile measuring laboratory for field use

The CODIAC camera is one of the most modern and most accurate zenith camera systems in the world. If the measuring points are close enough, the local inclination of the horizontal plane can be determined with an accuracy of a few millimetres per kilometre. Measurements with the zenith camera are therefore particularly suitable for checking the height reference surface.

This is made possible by the special design and a complex, fully automated measuring programme. A sensitive image sensor sits behind a powerful lens and captures stars that cannot be seen with the naked eye. The substructure, which carries additional sensors and control electronics as well as the optics, weighs 120 kilograms. This alone ensures stability, but also a certain training effect during assembly and dismantling. Automatic alignment via inclination sensors and rotation of the telescope in four directions minimises systematic errors. The zenith camera takes twelve images per measuring point in each direction. This also minimises measurement noise, i.e. rapid and random fluctuations in the measured value. The detection and measurement of the stars in the image as well as the further evaluation is also carried out fully automatically in the measurement and evaluation software.

### Initial assessment: everything is fine!

BKG carried out its first own zenith measurements in 2024. One test area is located in the vicinity of Leipzig. So far, 20 points have been measured here. As part of the cross-border cooperation on the Alpine Geoid (European Alps Geoid Project), BKG has created a test profile in Ehrwald (Zugspitz region) together with the Austrian Federal Office of Metrology and Surveying (BEV). The measurements with the CODIAC system will continue in 2025. However, the first evaluations already confirm an accuracy of three millimetres in the inclination of the height reference surface over a distance of one kilometre. A recalculation of the GCG (see info box one page before) based on the latest and best basic data (including gravity acceleration measurements and the inclusion of an updated digital terrain model) is planned for 2026. The good news is that users can already rely on the GCG2016.





# Wo Sie uns finden: Standorte und Kontakt

Das BKG ist an drei Standorten in Deutschland vertreten: die zentrale Dienststelle in Frankfurt am Main, die Außenstelle in Leipzig und das Geodätische Observatorium Wettzell im Bayerischen Wald.

- Zentrale Dienststelle in Frankfurt am Main**  
 Bundesamt für Kartographie und Geodäsie  
 Richard-Strauss-Allee 11  
 60598 Frankfurt am Main  
 Deutschland  
 Telefon: 069 6333-1  
 Telefax: 069 6333-235  
 E-Mail: [mailbox@bkg.bund.de](mailto:mailbox@bkg.bund.de)  
 Internet: <http://www.bkg.bund.de>
- Außenstelle in Leipzig**  
 Bundesamt für Kartographie und Geodäsie  
 – Außenstelle Leipzig –  
 Karl-Rothe-Straße 10-14  
 04105 Leipzig  
 Deutschland  
 Telefon: 0341 5634-0  
 Telefax: 0341 5634-415  
 E-Mail: [mailbox@bkg.bund.de](mailto:mailbox@bkg.bund.de)
- Geodätisches Observatorium Wettzell**  
 Bundesamt für Kartographie und Geodäsie  
 – Geodätisches Observatorium Wettzell –  
 Sackenrieder Straße 25  
 93444 Bad Kötzing  
 Deutschland  
 Telefon: 09941 603-0  
 Telefax: 09941 603-222  
 E-Mail: [info-gow@bkg.bund.de](mailto:info-gow@bkg.bund.de)

BKG has three locations in Germany: the Central Office in Frankfurt am Main, its branch office in Leipzig and the Geodetic Observatory in Wettzell in the Bavarian Forest.

- Central Office in Frankfurt am Main**  
 Bundesamt für Kartographie und Geodäsie  
 Richard-Strauss-Allee 11  
 60598 Frankfurt am Main  
 Germany  
 Phone +49 69 6333-1  
 Fax +49 69 6333-235  
 Email: [mailbox@bkg.bund.de](mailto:mailbox@bkg.bund.de)  
 Internet: <http://www.bkg.bund.de>
- Branch Office in Leipzig**  
 Bundesamt für Kartographie und Geodäsie  
 – Außenstelle Leipzig –  
 Karl-Rothe-Straße 10-14  
 04105 Leipzig  
 Germany  
 Phone +49 341 5634-0  
 Fax +49 341 5634-415  
 Email: [mailbox@bkg.bund.de](mailto:mailbox@bkg.bund.de)
- Geodetic Observatory Wettzell**  
 Bundesamt für Kartographie und Geodäsie  
 – Geodätisches Observatorium Wettzell –  
 Sackenrieder Straße 25  
 93444 Bad Kötzing  
 Germany  
 Phone +49 9941 603-0  
 Fax +49 9941 603-222  
 Email: [info-gow@bkg.bund.de](mailto:info-gow@bkg.bund.de)

# Where to find us: Locations and contact details

#### Kontakt & Impressum

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)  
www.bkg.bund.de  
mailbox@bkg.bund.de

Zentrale Dienststelle Frankfurt am Main  
Richard-Strauss-Allee 11  
60598 Frankfurt am Main  
Telefon: 069 6333-1

#### Herausgeber, Konzeption und Redaktion

© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2025

#### Druck

Silber Druck oHG, Lohfelden

Die Broschüre wurde auf FSC® Recycled Papier gedruckt.  
Außerdem wurde die Broschüre CO<sub>2</sub>-neutral produziert.

Sofern nicht anders angegeben, stammen die in den Beiträgen verwendeten Bilder vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.



#### Contact & Imprint

Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG)  
www.bkg.bund.de  
mailbox@bkg.bund.de

Central Office Frankfurt am Main  
Richard-Strauss-Allee 11  
60598 Frankfurt am Main, Germany  
Phone +49 69 6333-1

#### Publisher, concept and editorial office

© Federal Agency for Cartography and Geodesy, 2025

#### Print

Silber Druck oHG, Lohfelden, Germany

The brochure was printed on FSC® Recycled paper. In addition, the brochure was produced in a CO<sub>2</sub> neutral way.

Unless otherwise stated, the images used in the articles are possessed by the Federal Agency for Cartography and Geodesy.





[www.bkg.bund.de](http://www.bkg.bund.de)