



Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie

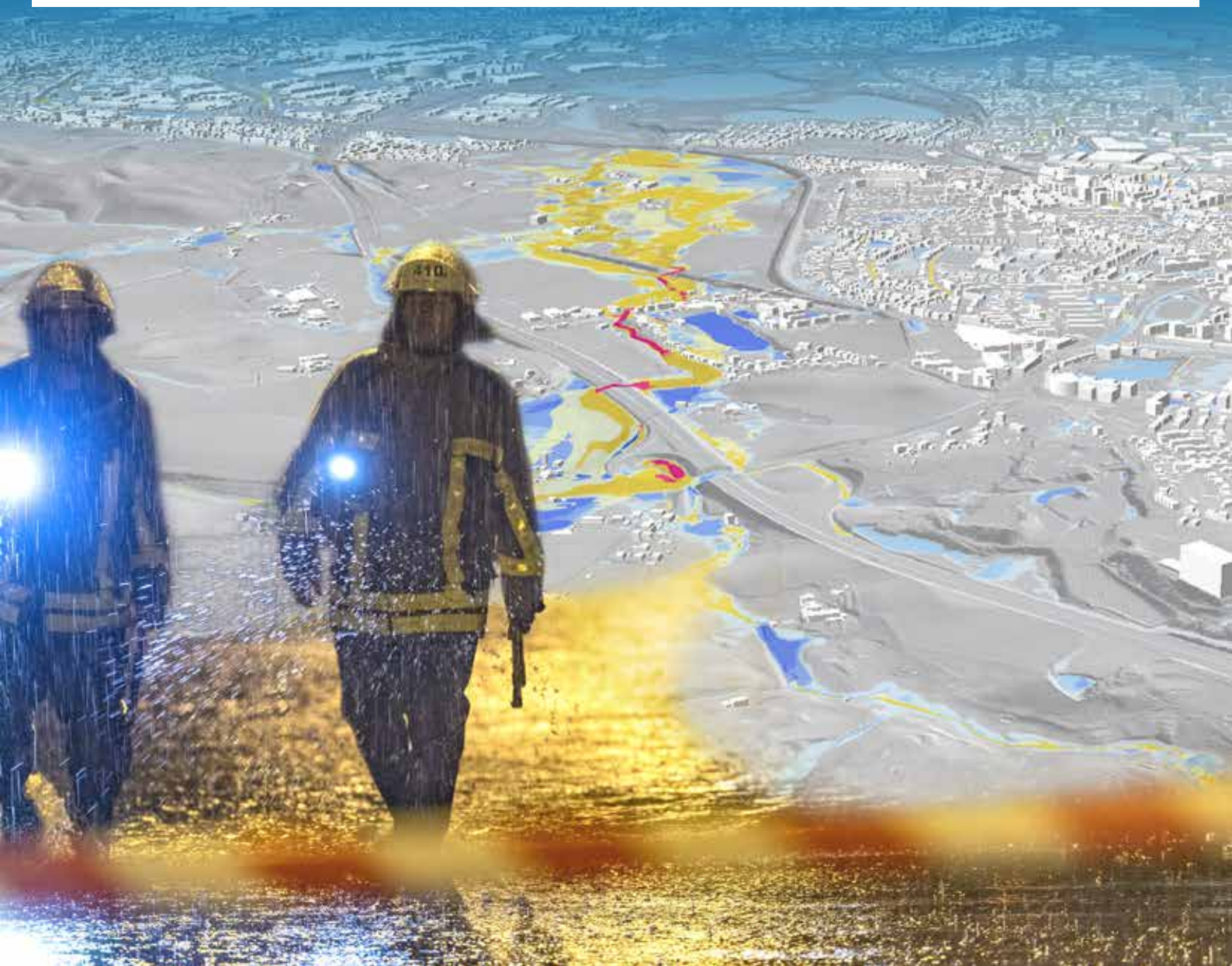


Jahresbericht 2022

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

Annual report 2022

Federal Agency for Cartography and Geodesy



Jahresbericht 2022

Wir geben Orientierung

Annual report 2022

Leading the way

Vorwort



Liebe Leserin, lieber Leser,

das Jahr 2022 war wieder ein Krisenjahr. Kaum begann die Corona-Pandemie abzuklingen, kam es zum Angriffskrieg Russlands gegen die Ukraine. Darüber haben viele vergessen, dass wir mindestens noch eine weitere große Krise haben: die Klimakrise. Dieser Herausforderung müssen wir mit entsprechenden Gegenmaßnahmen begegnen, indem wir uns an die unvermeidlichen Folgen des Klimawandels anpassen und beispielsweise Treibhausgase umfassend reduzieren. Um den Erfolg der Maßnahmen zu kontrollieren, ist ein Monitoring notwendig. Das BKG hat bereits vor einiger Zeit erkannt, dass die Geodäsie bei einer ganzen Reihe von Fragen eine Rolle spielt, wenn es darum geht, die Klimakrise zu bekämpfen. Zwei dieser Fragen haben im BKG zu entsprechenden Vorhaben geführt, von denen u. a. dieser Jahresbericht erzählt.

Die Gletscher zu monitoren, ist sicher einer der wichtigsten Bausteine der Klimaüberwachung. Ihre Massenvariation ist ein anerkannter und eindeutiger Indikator für die Folgen des anthropogenen Klimawandels. Daher dokumentiert das BKG zusammen mit seinen Partnern den Rückgang des Vernagtferner im Ötztal. Dieser gehört u. a. deshalb zu den am besten erforschten Gletschern in der Alpenregion.

Wichtig waren auch die Arbeiten zur Anpassung an den Klimawandel. Das Thema Starkregen und die entsprechenden präventiven Maßnahmen sind spätestens seit den dramatischen Ereignissen im Ahr- und Erfttal in aller Munde. Mit der Erstellung der Hinweiskarte Stark-

regengefahren für das Land Nordrhein-Westfalen wurde deutlich, wie entscheidend hochaufgelöste Gelände- und Oberflächenmodelle sind. Jetzt haben die Arbeiten an einer bundesweiten Kartierung begonnen. Diese wollen wir in enger Zusammenarbeit mit den Bundesländern bis 2025 abschließen.

Neben den Arbeiten zum Thema Klimawandel haben wir uns auch, getreu unserem Leitspruch „Wir geben Orientierung“, damit beschäftigt, die Position in Gebäuden zu bestimmen. Hier soll ein Verfahren entstehen, das es insbesondere Einsatzkräften ermöglicht, den genauen Standort ihrer Kolleginnen und Kollegen während eines Einsatzes in Gebäuden zu jeder Zeit zu bestimmen. Das kann Leben retten!

Aber auch die internationale Zusammenarbeit in der Geodäsie hatten wir im Blick. Bereits seit vielen Jahren betreiben Argentinien und Deutschland gemeinsam in der Nähe der Provinzhauptstadt La Plata das geodätische Observatorium AGGO. Die dortigen geodätischen Beobachtungen stellen einen wichtigen Beitrag für den Betrieb aller global betriebenen Satellitenpositionierungssysteme dar. Um dieses wichtige Beobachtungsprogramm langfristig abzusichern, wurde ein neuer Kooperationsvertrag abgeschlossen. In den nächsten Jahren soll hier zusätzlich ein neues Teleskop installiert werden.

Viele Informationen, die wir im alltäglichen Leben wie selbstverständlich nutzen, benötigen eine eindeutige Ortsangabe, um brauchbar zu sein. Hierfür ist ein hochgenauer und langzeitstabiler geodätischer Referenzrahmen die Grundlage. Dieser Rahmen muss von Zeit zu Zeit überarbeitet werden. Im vergangenen Jahr konnte nach mehrjähriger Arbeit endlich ein neuer Referenzrahmen berechnet werden.

Selbstverständlich standen noch deutlich mehr Aufgaben auf unserer Liste. Stöbern Sie einfach durch unseren diesjährigen Jahresbericht und informieren sich über unsere vielen weiteren Projekte und Tätigkeiten. Dabei wünsche ich Ihnen schon jetzt viel Freude!

Ihr

Prof. Dr. Paul Becker
Präsident und Professor

Preface

Dear Reader,

The year 2022 was another year of crisis. No sooner did the Corona pandemic begin to subside than Russia launched a war of aggression against Ukraine. Many people have forgotten that we have at least one other major crisis: the climate crisis. We must meet this challenge with appropriate countermeasures by adapting to the unavoidable consequences of climate change and comprehensively reducing greenhouse gases, for example. Monitoring is necessary to check the success of these measures. The BKG recognized some time ago that geodesy has a role to play in a whole range of issues when it comes to combating the climate crisis. Two of these questions have led to corresponding projects in the BKG, of which this annual report, among others, tells.

Monitoring glaciers is certainly one of the most important components of climate monitoring. Their mass variation is a recognized and clear indicator of the consequences of anthropogenic climate change. Therefore, the BKG together with its partners documents the decline of the Vernagtferner in the Ötztal. This is one of the reasons why it is one of the best researched glaciers in the Alpine region.

The work on adaptation to climate change was also important. The topic of heavy rainfall and the corresponding preventive measures have been on everyone's lips at least since the dramatic events in the Ahr and Erft valleys. With the creation of the map of heavy rain hazards for the state of North Rhine-Westphalia, it became clear how crucial high-resolution terrain and surface models are. Work has now begun on a nationwide mapping project. We want to complete this in close cooperation with the federal states by 2025.

In addition to the work on climate change, we have also been working on determining the position in buildings, true to our motto "Leading the way". The aim is to develop a procedure that will enable emergency services in particular to determine the exact location of their colleagues at all times during an operation in buildings. This can save lives!

We also focused on international cooperation in geodesy. For many years now, Argentina and Germany have been jointly operating the AGGO geodetic observatory near the provincial capital of La Plata. The geodetic observations

made there represent an important contribution to the operation of all globally operated satellite positioning systems. In order to secure this important observation program in the long term, a new cooperation agreement has been concluded. In the next few years, a new telescope will also be installed here.

Much of the information that we use as a matter of course in everyday life requires a unique location in order to be useful. A highly accurate and long-term stable geodetic reference frame is the basis for this. This frame has to be revised from time to time. Last year, after several years of work, a new reference frame could finally be calculated.

Of course, there were many more tasks on our list. Just browse through this year's annual report and find out about our many other projects and activities. I wish you much pleasure in doing so!

Your

Prof. Dr. Paul Becker
President and Professor

Inhaltsverzeichnis

Table of contents



Im Rückblick: Das war das BKG-Jahr 2022

Ob auf diversen Fachmessen oder bei Schweremessungen auf der Nordsee. Auch im Jahr 2022 war das BKG wieder vielseitig aktiv. Gehen Sie mit uns auf eine Reise durch das vergangene Jahr, die mit der Pressekonferenz in Berlin ihren Abschluss fand.

Looking back: This was BKG's year 2022

Whether at various trade fairs or during gravity measurements on the North Sea. In 2022, the BKG was again very active. Join us on a journey through the past year, which came to a close with the press conference in Berlin.



ITRF2020: Basis für Navigation und Wissenschaft

Wie komme ich auf dem schnellsten Weg zum Theater? Und wie lassen sich die Auswirkungen und Folgen des Klimawandels auf der Erde messen? Zur Beantwortung dieser Fragen wird ein geodätischer Referenzrahmen (ITRF) benötigt. Aufgrund wissenschaftlicher und technischer Fortschritte wird der ITRF alle fünf bis sechs Jahre neu berechnet. Das BKG war maßgeblich am 2022 fertiggestellten ITRF2020 beteiligt.

ITRF2020: Basis for navigation and science

What's the fastest way to get to the theater? And how can the effects and consequences of climate change be measured on Earth? To answer these questions, a geodetic reference frame (ITRF) is needed. Due to scientific and technical advances, the ITRF is recalculated every five to six years. The BKG was instrumental in the ITRF2020, which was completed in 2022.



AGGO: Neuer Vertrag für mehr Nachhaltigkeit

In der Provinz Buenos Aires, vor der Stadtgrenze der Provinzhauptstadt La Plata, steht das Argentinisch-Deutsche Geodätische Observatorium AGGO. Es ist ein Gemeinschaftsprojekt zwischen dem dortigen nationalen Rat für wissenschaftliche und technologische Forschung CONICET und dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. Um den Beobachtungsbetrieb langfristig abzusichern, wurde am 01.11.2022 ein neuer Kooperationsvertrag unterzeichnet.

AGGO: New contract for more sustainability

In the province of Buenos Aires, outside the city limits of the provincial capital La Plata, stands the Argentine-German Geodetic Observatory AGGO. It is a joint project between the local national council for scientific and technological research CONICET and the Federal Agency for Cartography and Geodesy. In order to secure the observation operation in the long term, a new cooperation agreement was signed on 01.11.2022.



Hinweiskarte Starkregengefahren

Der Klimawandel hat viele Gesichter. Spätestens seit der dramatischen Flutkatastrophe im Ahr- und Erfttal wissen wir, dass auch Starkregenereignisse häufiger auftreten und extremer ausfallen. Das BKG arbeitet zusammen mit Fachbehörden aus Bund und Ländern an einer deutschlandweiten Hinweiskarte für Starkregengefahren. Nach einem Pilotprojekt in Nordrhein-Westfalen ist geplant, die gesamte Bundesfläche bis Ende 2025 zu kartieren.

Information map of heavy rain hazards

Climate change has many faces. At the latest since the dramatic flood disaster in the Ahr and Erft valleys, we know that heavy rainfall events are also occurring more frequently and are becoming more extreme. The BKG is working with federal and state authorities on a Germany-wide map of heavy rain hazards. Following a pilot project in North Rhine-Westphalia, it is planned to map the entire federal territory by the end of 2025.



„Denied Areas“: Positionen bestimmen in Innenräumen

Die eigene Position mit globalen Navigations-Satellitensystemen zu bestimmen, gehört inzwischen zum Alltag. Innerhalb von Gebäuden stößt die Technologie jedoch schnell an ihre Grenzen. Dort wird deshalb eine Positionierungsinfrastruktur als Hilfsmittel genutzt: verbaute Signaltechnik auf Basis von Bluetooth Beacons, NFC oder UWB. Was verbirgt sich hinter diesen Abkürzungen? Lesen Sie selbst!

Determining positions indoors: Denied Areas

Determining one's position with global navigation satellite systems has become part of everyday life. Inside buildings, however, the technology quickly reaches its limits. That's why a positioning infrastructure is used there as an aid: built-in signal technology based on Bluetooth beacons, NFC or UWB. What is behind these abbreviations? Read for yourself!

Im Rückblick: Das war das BKG-Jahr 2022

28.02.2022

Unsere TopPlusOpen-Familie hat Zuwachs bekommen

Für Hintergrundkarten, über die andere Kartendaten eingeblendet werden können, hat das BKG zwei neue Kartenvarianten erstellt. Gegenüber der Vollton-Variante haben wir den Inhalt reduziert und stellen dezente Farben (TopPlusOpen-Light) bzw. Grautöne mit dezenter Gewässer- und Grenzfarbe dar (TopPlusOpen-Light-Grau). Alle drei Varianten stehen für Bundesbehörden, Bürger und alle weiteren Interessenten bereit und bieten eine weltweite einheitliche Kartendarstellung in verschiedenen Detaillierungsstufen, von der Übersichtskarte bis hin zur detaillierten Stadtkarte.

12.05.2022

Grenzübergreifende Höhen besser bestimmen: Aus dem DACH-Geoid wird das European Alps Geoid

Das BKG hat eine Absichtserklärung zur internationalen Kooperation für ein „European Alps Geoid“ unterzeichnet. Insgesamt sind 15 Institutionen aus neun Ländern beteiligt. Die Initiative folgt auf die im Jahr 2017 vereinbarte Kooperation zum „D-A-CH-Geoid“. Sie erweitert die Zusammenarbeit auf den gesamten Alpenraum inklusive angrenzender Länder. Ziel ist es, bis ca. 2025 ein gemeinsames hoch aufgelöstes Geoidmodell für den gesamten Alpenraum zu berechnen. Höhen bzw. Höhenunterschiede lassen sich so grenzüberschreitend noch genauer und effizienter bestimmen. Das ist wichtig, damit sich beispielsweise Tunnel und Brücken zwischen zwei Ländern in der Mitte treffen.



19.05.2022
Globales Geoinformationsmanagement der Vereinten Nationen:
Nationaler Aktionsplan veröffentlicht

Um vor Naturkatastrophen besser gewappnet zu sein, müssen Geodaten – u. a. über die Veränderungen des Meeresspiegels oder der Erdkrustenbewegungen – in das europäische und internationale Umfeld eingebunden werden.

Zu diesem Zweck hat das BKG neue Aktionen definiert, um das Geoinformationswesen in Deutschland zu stärken. Eine dieser Aktionen unterstützt beispielsweise die globalen Nachhaltigkeitsziele. Der „IGIF-Aktionsplan für Deutschland“ beschreibt, wie der Leitfaden der Vereinten Nationen national umgesetzt werden soll.

Treffen Sie uns auf der

Stand B29
GPEC 2022

31. Mai - 02. Juni 2022, Messe Frankfurt am Main
ALLES FÜR DIE INNERE SICHERHEIT

31.05.2022

Das BKG informiert zum Satellitengestützten Krisen- und Lagedienst auf der GPEC

Das BKG war Aussteller auf der Internationalen Fachmesse für Innere Sicherheit GPEC in Frankfurt am Main. Sie richtet sich ausschließlich an Angehörige von Behörden.

Unsere Expertinnen und Experten präsentierten den Satellitengestützten Krisen- und Lagedienst. Er versorgt im Ernstfall Bundeseinrichtungen und Blaulichtorganisationen mit hoch aufgelösten Satellitenbildern, Kartenprodukten und mehr.

Januar - Februar / January - February

März - April / March - April

M

a

i

/

M

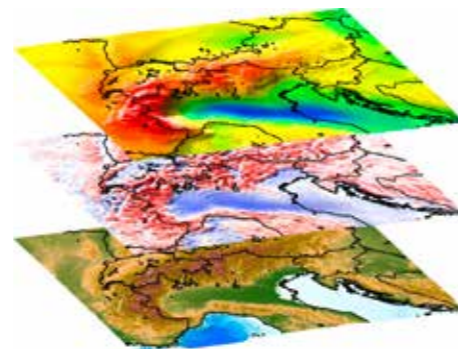
a

y

Better determination of cross-border heights:

The DACH Geoid becomes the European Alps Geoid

The BKG has signed a declaration of intent for international cooperation for a “European Alps Geoid”. A total of 15 institutions from nine countries are involved. The initiative follows the cooperation on the “D-A-CH Geoid” agreed in 2017. It extends the cooperation to the entire Alpine region including neighboring countries. The goal is to calculate a common high-resolution geoid model for the entire Alpine region by about 2025. Elevations or differences in elevation can thus be determined even more precisely and efficiently across borders. This is important so that, for example, tunnels and bridges between two countries meet in the middle.



United Nations Global Geographic Information Management: National action plan published

In order to be better prepared for natural disasters, geodata - e.g. on changes in sea level or movements of the earth's crust - must be integrated into the European and international environment.

To this end, the BKG has defined new actions to strengthen geoinformation in Germany. One of these actions, for example, supports the global sustainability goals. The “IGIF Action Plan for Germany” describes how the United Nations guideline is to be implemented nationally.

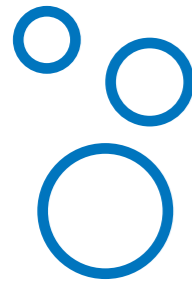


The BKG informs about the satellite-based crisis and situation service at the GPEC

The BKG was an exhibitor at the International Trade Fair for Homeland Security GPEC in Frankfurt am Main. It is aimed exclusively at members of public authorities.

Our experts presented the satellite-based crisis and situation service. In the event of an emergency, it provides federal institutions and blue-light organizations with high-resolution satellite images, map products and more.

Looking back: This was BKG's year 2022



09.06.2022

Das BKG auf der Kontaktmesse für Studierende und Alumni „GeoDM meets Business“

Wie geht's nach dem Studium weiter? Bei der „GeoDM meets Business“ trafen sich Studierende des Geodatenmanagements an der Frankfurt University of Applied Sciences und potentielle Arbeitgeber oder Partner für Abschlussarbeiten und Praktika. Das BKG war auch dabei.

The BKG at the contact fair for students and alumni "GeoDM meets Business"

What's next after graduation? At the "GeoDM meets Business", students of geospatial data management at the Frankfurt University of Applied Sciences met with potential employers or partners for final theses and internships. The BKG was also there.



20.06.2022

Das BKG auf der Interschutz

Das BKG präsentierte sich erstmals auf der Weltleitmesse für Feuerwehr, Rettungswesen, Bevölkerungsschutz und Sicherheit. Sie stand unter dem Leitthema "Teams, Taktik, Technik – Schutz und Rettung vernetzt".

The BKG at the Interschutz

The BKG presented itself for the first time at the world's leading trade fair for fire, rescue, civil protection and safety. Its main theme was "Teams, Tactics, Technology - Protection and Rescue Networked".



28.06.2022



Schweremessungen auf der Nordsee

Das BKG führte zusammen mit seinen Partnern eine weitere Vermessungsfahrt auf der Nordsee durch. Ziel war es, die Schwerebeschleunigung (Gravimetrie) mit modernsten Messmethoden exakt zu bestimmen. Diese Daten werden benötigt, um das Quasigeoidmodell German Combined Quasigeoid (GCG) weiterzuentwickeln. Das GCG ist die offizielle Höhenbezugsfläche für Deutschland. Sie dient dazu, Höhen über dem Meeresspiegel (auch bekannt als Normalhöhennull, NHN) mit Satellitenverfahren zentimetergenau zu bestimmen. Es kommt bei Tiefenmessungen für elektronische Seekarten, beim Bau von Offshore-Anlagen usw. zum Einsatz. Damit ist es ein unverzichtbarer Bestandteil der Navigation auf See.

Gravity measurements on the North Sea

Together with its partners, the BKG carried out another survey cruise on the North Sea. The aim was to determine the gravitational acceleration (gravimetry) accurately using state-of-the-art measurement methods. These data are needed to further develop the German Combined Quasigeoid (GCG) quasigeoid model. The GCG is the official height reference surface for Germany. It is used to determine heights above sea level (also known as Normalhöhennull, NHN) with centimeter accuracy using satellite methods. It is used in depth measurements for electronic nautical charts, in the construction of offshore facilities, and so on. This makes it an indispensable part of navigation at sea.



21.07.2022

Das BKG präsentiert sich auf der CP-Konferenz in Berlin

CP steht für „Crisis Prevention“ und ist das Fachportal für Gefahrenabwehr, Innere Sicherheit und Katastrophenhilfe.

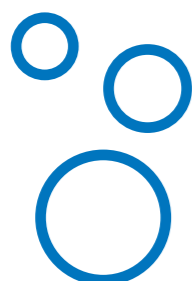
Das Leitmotto dieser Konferenz lautete „Unsere Aufgabe im Bevölkerungsschutz ist es, jeden Tag die Welt in der Zukunft sicherer zu gestalten, denn wir wollen in ihr leben.“ Unter diesem Slogan stellte das BKG die Dienstleistungen des Satellitengestützten Krisen- und Lagedienstes sowie die Digitalen Atlanten mit ihren interaktiven Webanwendungen und tagesaktuellen Inhalten vor.



The BKG presents itself at the CP Conference in Berlin

CP stands for "Crisis Prevention" and is the professional portal for hazard prevention, homeland security and disaster relief.

The slogan of this conference was "Our task in civil protection is to make the world safer every day in the future, because we want to live in it." Under this slogan, the BKG presented the services of the satellite-based crisis and situation service as well as the digital atlases with their interactive web applications and daily updated content.



06.10.2022

50 Jahre Geodätisches Observatorium Wettzell

1972 wurde das erste Messsystem in Wettzell installiert. Damit startete der Messbetrieb am Geodätischen Observatorium Wettzell. Dieses Ereignis nahmen wir zum Anlass, 50-jähriges Jubiläum zu feiern. Die Station ist im Laufe der Jahre immer weiter gewachsen und wird sich auch mit Blick in die Zukunft weiter verändern.

50 Years Geodetic Observatory Wettzell

In 1972 the first measuring system was installed in Wettzell. This was the start of the measuring operation at the Geodetic Observatory Wettzell. We took this event as an occasion to celebrate our 50th anniversary. The station has continued to grow over the years and will continue to change as we look to the future.



18.10.2022

BKG auf der INTERGEO in Essen

Das BKG präsentierte sich erneut auf der INTERGEO, die diesmal in Essen stattfand. Während der Veranstaltungstage informierten sich die Messebesucher über unser Geodatenzentrum, einem vollautomatisierten Online-Bestellsystem. Ein weiterer Präsentationsplatz widmete sich dem Digitalen Zwilling. Das BKG baut in den kommenden Jahren einen „Digitalen Zwilling“ von Deutschland auf. Damit lassen sich zukünftig verschiedene umweltrelevante und gesellschaftliche Szenarien durchspielen und Handlungsalternativen entwickeln. Zu den vier technischen Komponenten der GDI-DE: Geoportal.de, Geodatenkatalog.de, GDI-DE-Testsuite und GDI-DE-Registry beantwortete die im BKG ansässige Koordinierungsstelle GDI-DE zahlreiche Fragen. Ein vielseitiges Vortragsprogramm ergänzte unsere Präsentation auf der INTERGEO.

BKG at the INTERGEO in Essen

The BKG presented itself again at the INTERGEO, which this time took place in Essen. During the event visitors informed themselves about our geodata center, a fully automated online ordering system. Another presentation area was dedicated to the Digital Twin. In the coming years, the BKG will build a “digital twin” of Germany. In the future, this will make it possible to run through various environmentally relevant and social scenarios and develop alternative courses of action. The GDI-DE coordination office based at the BKG answered numerous questions about the four technical components of the GDI-DE: Geoportal.de, Geodatenkatalog.de, GDI-DE-Testsuite and GDI-DE-Registry. A varied program of lectures complemented our presentation at INTERGEO.

19.10.2022

BKG auf der Frankfurter Buchmesse

Gerne informierte Sie das BKG-Team vor Ort über die aktuellen Amtlichen Topographischen Kartenwerke in den Maßstäben 1:250 000 bis 1:1 000 000 sowie über das Aufgabenspektrum des BKG in der Kartographie, Geoinformation und Geodäsie. Live zu sehen und aktiv selbst zu bedienen war unsere neue Web-Anwendung „Map on Demand“. Mit ihr ist es möglich, sich überall da, wo es Internet gibt, kostenfrei Kartenausschnitte zu definieren, und diese auch auszudrucken. Mit im Gepäck: unser preisgekrönter Minifaltplan „Welt zum Mitnehmen“.

BKG at the Frankfurt Book Fair

The BKG team was pleased to inform you on site about the current Official Topographic Map series in the scales 1:250 000 to 1:1 000 000 as well as about the range of tasks of the BKG in cartography, geoinformation and geodesy. Our new web application “Map on Demand” could be seen live and actively operated. With this application, it is possible to define and print map sections free of charge wherever there is Internet access. Included in the luggage: our award-winning mini folding map “World to Go”.



15.11.2022

BKG-Pressekonferenz

Das BKG veranstaltete seine jährliche Pressekonferenz im Tagungszentrum im Haus der Bundespressekonferenz in Berlin und online per Livestream. Themen waren zwei Extreme des „Wassers“, die durch den Klimawandel merklich beeinflusst werden: Starkregen-Ereignisse und Dürren. Denn diese beiden Effekte zu beobachten und zu quantifizieren ist auch eine geodätische Aufgabe. Das BKG beschäftigt sich deshalb mit Fragen, wie zum Beispiel: Wie ändert sich der Wasserhaushalt im Untergrund? Wohin fließt das Wasser bei Regenfällen?

BKG press conference

The BKG held its annual press conference at the conference center in the Haus der Bundespressekonferenz in Berlin and online via livestream. Topics included two extremes of “water” that are noticeably affected by climate change: Heavy rain events and droughts. Because monitoring or quantifying these two effects is also a geodetic task. The BKG is therefore addressing questions such as: How does the water balance change in the subsurface? Where does the water flow during rainfall?



O k t o b e r / O c t o b e r

N o v e m b e r

D e z e m b e r / D e c e m b e r



2022

Zahlen – Daten – Fakten



Anzahl der Beobachtungen auf der Basislinie AGGO-Wetzell, die in der VLBI-Datenanalyse verarbeitet wurden

Number of observations on the AGGO-Wetzell baseline, which were processed in the VLBI data analysis

2.685



2022

Numbers – Data – Facts

LLR-Messungen waren an ca. **10** Tagen möglich
LLR measurements were possible on approx. days



Das Quasigeoid ist mit **148** Bestellungen das meistbestellte digitale Produkt
The Quasigeoid is the most ordered digital product with 148 orders

148

246

Produkte hat das BKG angeboten
Products were offered by BKG

Bestellungen SKD im Vergleich zum Vorjahr
Orders SKD compared to the previous year

+33%

Ende 2022 hatte das BKG **Beschäftigte (inkl. Azubis)**
At the end of 2022, the BKG had employees (incl. trainees)

372

Anzahl der Zugriffe auf Geo-Webdienste des BKG

Number of accesses to geo web services of the BKG

+53%

Im Geoportal.de recherchierbare Metadaten zu Geodatensätzen und -diensten:
Metadata on geodata sets and services searchable in Geoportal.de:

Über 565.000

More than 565,000

Im Dienstleistungszentrum wurden **Kundenanfragen bearbeitet**
Our service center handled 4,838 customer inquiries

4.838

8.024.413.857

ca. 620 TB/Jahr

2018 2019 2020 2021 2022

Durchschnittliche Anfragen für RoutingPlus pro Monat

Average requests for RoutingPlus per month



7.000 Wandkarten
7,000 Wall maps
Kartenbestellungen von Bundesbehörden:
Map orders from federal agencies:

22.000 Minifaltpläne

22,000 Mini folding maps

AGGO = Argentinian-German Geodetic Observatory
VLBI = Very Long Baseline Interferometry
LLR = Lunar Laser Ranging
SKD = Satellitengestützter Krisen- und Lagedienst



Gletscherschmelze und Gravimetrie: dem Klimawandel auf der Spur

Der vom Menschen verursachte Klimawandel ist eine Tatsache, die nicht mehr angezweifelt werden kann. Auch die Alpengletscher bleiben von den Auswirkungen der globalen Erwärmung nicht verschont und sind daher seit langem ein Studienobjekt der Geowissenschaften. Einer von ihnen zählt zu den am besten erforschten Gletschern in der Alpenregion: der Vernagtferner im Ötztal. Bereits im Jahr 1889 veröffentlichte der deutsche Geodät Sebastian Finsterwalder die erste Karte des Vernagtferners, die auf Grundlage photogrammetrischer Aufnahmen erstellt wurde. Seit den 1960er Jahren beobachtet die Kommission für Erdmessung und Glaziologie (KEG) der Bayerischen Akademie der Wissenschaften den Vernagtferner umfassend und systematisch. Obwohl dieser seit Mitte der 1980er Jahre dramatisch abgeschmolzen ist, dient er als Testlabor für die glaziologischen und geodätischen Methoden der Gletscherbeobachtung und -modellierung. Das BKG unterstützt diese Arbeiten seit 2014 mit gravimetrischen Messungen.

Die Massenvariationen von Gebirgsgletschern werden mit Messverfahren bestimmt, welche hauptsächlich das Volumen des Gletschers erfassen. Dafür haben sich die glaziologische, geodätische und hydrologische Methode etabliert.

Methoden der Gletscherbeobachtung

- Glaziologische Methode: Mittels ins Eis gebohrter Messstangen werden akkumulierter Schnee (angesammelte Schneemassen und die folgende Bildung von Eis) und abschmelzendes Eis erfasst und so relative Änderungen der Gletscheroberfläche ermittelt.
- Geodätische Methode: Aus Luftbildern, Laserscans oder mit Methoden der Satellitenfernerkundung wird eine Zeitreihe topographischer Karten und damit absolute Änderungen der Gletscheroberfläche abgeleitet.
- Hydrologische Methode: Die Massenbilanz wird bestimmt, indem meteorologische Beobachtungen bzw. Modelle mit Abflussmessungen an Pegelstationen am Fuß des Gletschers kombiniert werden.

Glacier melt and gravimetry: on the trail of climate change

Man-made climate change is a fact that can no longer be doubted. Alpine glaciers are also not spared the effects of global warming and have therefore long been an object of study in the geosciences. One of the best studied glaciers in the Alpine region is the Vernagtferner in the Ötztal valley. As early as 1889, the German geodesist Sebastian Finsterwalder published the first map of the Vernagtferner, which was based on photogrammetric images. Since the 1960s, the Commission for Geodesy and Glaciology (Kommission für Erdmessung und Glaziologie, KEG) of the Bavarian Academy of Sciences has been observing Vernagtferner comprehensively and systematically. Although it has melted dramatically since the mid-1980s, it serves as a test laboratory for glaciological and geodetic methods of glacier observation and modeling. The BKG has been supporting this work with gravimetric surveys since 2014.

The mass variations of mountain glaciers are determined with measurement methods that mainly record the volume of the glacier. The glaciological, geodetic and hydrological methods have become established for this purpose.

However, geometric methods alone cannot directly determine mass changes. Further model assumptions, for example about the density of snow and ice, are necessary. Therefore, the gravimetric method is suitable as a supplement to validate the results selectively and independently.

Glacial Monitoring Methods

- Glaciological method: By means of measuring rods drilled into the ice, accumulated snow (accumulated snow masses and the subsequent formation of ice) and melting ice are recorded and thus relative changes in the glacier surface are determined.
- Geodetic method: A time series of topographic maps and thus absolute changes in the glacier surface are derived from aerial photographs, laser scans or with satellite remote sensing methods.
- Hydrological method: mass balance is determined by combining meteorological observations or models with discharge measurements at gauging stations at the base of the glacier.

Mit geometrischen Methoden allein können Massenänderungen jedoch nicht direkt ermittelt werden. Weitere Modellannahmen, beispielsweise über die Dichte von Schnee und Eis sind notwendig. Daher eignet sich ergänzend die gravimetrische Methode, um die Ergebnisse punktuell und unabhängig zu validieren.

Die Gravimetrie ist ein Messverfahren zur Bestimmung der lokalen Schwerebeschleunigung. Aus einer Vielzahl solcher Messungen lässt sich die Figur der Erde ableiten – das Geoid – und damit eine Referenz für die Höhenbestimmung festlegen. Die Schwerebeschleunigung wird von der Position im Raum und jeglicher Massenverteilung beeinflusst. Sie hängt also von der Dichteverteilung im Erdinneren ebenso ab, wie von zeitlichen Massenvariationen, wie z. B. in der Atmosphäre (sich verlagernde Hoch- und Tiefdruckgebiete) oder in der Wasserspeicherung (schwankender Grundwasserspiegel oder Bodenfeuchte). Damit ist die Messgröße auch sensitiv auf lokale Massentransporte,

wie sie am Vernagtferner auftreten. Das setzt allerdings höchste Messgenauigkeit voraus.

Die Schwerebeschleunigung wird mithilfe von Gravimetern bestimmt. Während Relativgravimeter auf dem Prinzip der Federwaage beruhen und nur die Bestimmung von Schwereunterschieden erlauben, kann mit Absolutgravimetern die Schwerebeschleunigung direkt bestimmt werden. Dazu wird der freie Fall eines Probekörpers in einer Vakuumröhre unter dem Einfluss des Schwerefeldes hochgenau vermessen.

Die Glaziologen der KEG messen seit 2010 jährlich mit Relativgravimetern auf Punkten rund um den Vernagtferner sowie direkt auf dessen Eisoberfläche. Aufgrund der Gletscherschmelze ändert sich die Schwerebeschleunigung der auf dem Eis gelegenen Punkte sowohl durch den unmittelbaren Massenverlust als auch durch die damit einhergehende Höhenänderung. Als Bezug für diese

Gravimetrie ist eine Messmethode für die Bestimmung der lokalen Beschleunigung der Schwerkraft. Von einer großen Anzahl solcher Messungen kann die Gestalt der Erde abgeleitet – das Geoid – und damit eine Referenz für die Höhenbestimmung festgelegt werden. Die Beschleunigung der Schwerkraft wird durch die Position im Raum und die Massenverteilung beeinflusst. Sie hängt also von der Dichteverteilung im Erdinneren ebenso ab, wie von zeitlichen Massenvariationen, wie z. B. in der Atmosphäre (sich verlagernde Hoch- und Tiefdruckgebiete) oder in der Wasserspeicherung (schwankender Grundwasserspiegel oder Bodenfeuchte). Damit ist die Messgröße auch sensitiv auf lokale Massentransporte,

wie sie am Vernagtferner auftreten. Das setzt allerdings höchste Messgenauigkeit voraus.

Die Schwerebeschleunigung wird mithilfe von Gravimetern bestimmt. Während Relativgravimeter auf dem Prinzip der Federwaage beruhen und nur die Bestimmung von Schwereunterschieden erlauben, kann mit Absolutgravimetern die Schwerebeschleunigung direkt bestimmt werden. Dazu wird der freie Fall eines Probekörpers in einer Vakuumröhre unter dem Einfluss des Schwerefeldes hochgenau vermessen.

Justierung des Feld-Absolutgravimeters A10-012 während der Messungen am Vernagtferner im August 2022.
Adjustment of the field absolute gravimeter A10-012 during measurements at Vernagtferner in August 2022.



relativgravimetrischen Beobachtungen dienen stabile Referenzpunkte rund um den Gletscher. Nur mit Kenntnis der Schwereänderungen an diesen Punkten ist es möglich, langfristige Zeitreihen für die direkt am und auf dem Gletscher gelegenen Punkte abzuleiten und so anhand der gravimetrischen Methode die Massenvariationen des Vernagtferners zu validieren.

Das BKG hat in Kooperation mit der KEG die Aufgabe, diese Referenzpunkte zu sichern. Nur die kompakten und robusten Feld-Absolutgravimeter vom Typ A10 sind technologisch dafür geeignet und erlauben Absolutschweremessungen auch bei wechselhafter Witterung im Freien. Diese Messtechnologie steht dem BKG als einziger Institution in Deutschland zur Verfügung. Mit den A10-Absolutgravimetern kann die Schwerebeschleunigung mit einer relativen Genauigkeit von ca. 10 Milliardstel gemessen werden. Bezogen auf die am Vernagtferner zu beobachtenden Massenvariationen entspricht dies dem Masse-Effekt einer 30 cm dicken Eisschicht. Das BKG führte die Messungen in den Jahren 2014 und 2022 jeweils auf drei eisfreien Referenzpunkten nahe dem Gletscher sowie auf zwei Referenzpunkten im Ötztal durch. Einer davon befindet sich in Obergurgl im Universitätszentrum der Uni Innsbruck und ist ein Schwerefestpunkt des österreichischen Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen.

Die gravimetrischen Arbeiten am Vernagtferner werden gegen Ende der Schmelzsaison (August/September) durchgeführt. Die Messungen mit einem A10-Absolutgravimeter im unwegsamen, alpinen Gelände stellen eine technische und logistische Herausforderung dar, da sie nicht mit dem üblichen Einsatz vergleichbar sind. Normalerweise wird das Instrument in einem speziell gebauten Fahrzeug zu den Messpunkten transportiert und aufgebaut. Auf 3.000 m Höhe am Vernagtferner abseits der Pfade und inmitten der Felslandschaft mit großen Geröllfeldern kann das A10-Absolutgravimeter samt Ausrüstung und Beobachter nur mit dem Helikopter transportiert werden.

Gemeinsam mit den jährlichen glaziologischen, geodätischen und hydrologischen Messungen am Vernagtferner leisten die gravimetrischen Messungen von KEG und BKG einen signifikanten Beitrag, um dieses seit Jahrzehnten wissenschaftlich untersuchte hochalpine Umweltlabor besser zu verstehen. Das allerdings nur so lange, wie der Gletscher noch nicht vollständig abgeschmolzen ist. Von der in der Mitte des 19. Jahrhunderts ursprünglich vorhan-

denen Eismasse des Vernagtferner war im Jahr 2020 weniger als 20 Prozent übrig. Die Glaziologen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften gehen davon aus, dass in der kommenden Dekade ein Großteil dieser Eismassen ebenfalls verschwunden sein wird.



Messungen mit dem Feld-Absolutgravimeter A10-012. Das Zelt dient dem Schutz vor Sonne und vor allem Wind.

KEG glaciologists have been measuring annually since 2010 with relative gravimeters on points around Vernagtferner as well as directly on its ice surface. Due to glacier melt, the gravity acceleration of points located on the ice changes due to both the direct loss of mass and the as-

sociated change in height. Stable reference points around the glacier serve as basis for these relative gravimetric observations. Only with knowledge of the gravity changes at these points is it possible to derive long-term time series for the points located directly at and on the glacier, and thus to validate the mass variations of Vernagtferner using the gravimetric method.

The BKG, in cooperation with the KEG, has the task of securing these reference points. Only the compact and robust field absolute gravimeters of type A10 are technologically suitable for this purpose and allow absolute gravity measurements even under different weather conditions outdoors. This measurement technology is available to the BKG as the only institution in Germany. With the A10 absolute gravimeters, gravity acceleration can be measured with a relative accuracy of about 10 parts per billion. Related to the mass variations observed at Vernagtferner, this corresponds to the mass effect of a 30 cm thick ice layer. The BKG carried out the measurements in 2014 and 2022 at three ice-free reference points near the glacier and at two reference points in the Ötztal valley. One of them is located in Obergurgl at a Center of the University of Innsbruck and is a gravity reference point of the Austrian Federal Office of Metrology and Surveying.

The gravimetric work at Vernagtferner is carried out towards the end of the melt season (August/September). Measurements with an A10 absolute gravimeter in rough, alpine terrain represent a technical and logistical challenge, as they are not comparable to normal operations. Normally, the instrument is transported to the measurement points and in a specially equipped vehicle. At an altitude of 3,000 m on Vernagtferner, off the beaten track and in the midst of a rocky landscape with large scree fields, the A10 absolute gravimeter including equipment and observer can only be transported by helicopter.

Together with the annual glaciological, geodetic and hydrological measurements at Vernagtferner, the gravimetric measurements of KEG and BKG make a significant contribution to better understanding this high alpine environmental laboratory that has been scientifically studied for decades. However, this is only possible as long as the glacier has not yet completely melted. Of the Vernagtferner's original ice mass in the mid-19th century, less than 20 percent was left in 2020. The glaciologists of the Bavarian Academy of Sciences assume that a large part of this ice mass will also have disappeared in the coming decade.

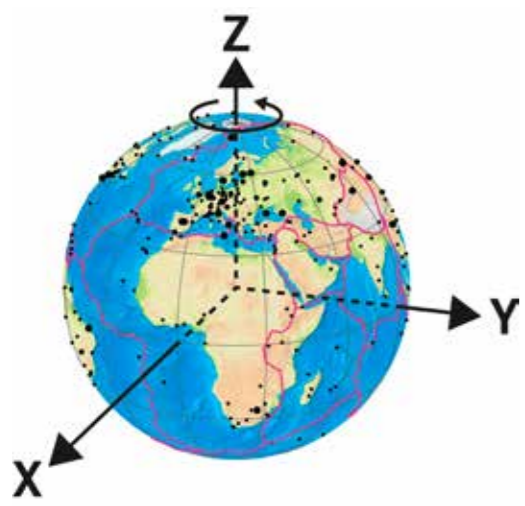
Measurements with the field absolute gravimeter A10-012. The tent serves as protection against sun and especially wind.



ITRF2020: Basis für Navigation und Wissenschaft

Wie komme ich auf dem schnellsten Weg zum Theater? Wie viele Pizzerien befinden sich im Umkreis von 10 km? Mobiltelefone liefern dank satellitengestützter Navigationssysteme in wenigen Sekunden die Antwort. Auch mit Informationen über das Abschmelzen von Gletschern, den Anstieg des Meeresspiegels oder langfristige Temperaturänderungen werden wir fast täglich in den Medien konfrontiert.

Globale satellitengestützte Navigationssysteme wie z. B. das US-amerikanische GPS (Global Positioning System), das russische GLONASS, das europäische Galileo und das chinesische Beidou/Compass helfen Wissenschaftlern, Veränderungen der Umwelt zu untersuchen, und jedem von uns, sich zu orientieren. Möglich ist das nur mit einem geometrischen Referenzrahmen als Grundlage.



Der offizielle geodätische Referenzrahmen ist der International Terrestrial Reference Frame (ITRF). Als Basis des ITRF dient ein kartesisches Koordinatensystem, welches seinen Ursprung im Massezentrum der Erde hat.

Um den ITRF bestimmen zu können, werden die Koordinaten von global verteilten Referenzpunkten präzise berechnet. Dabei müssen auch die sogenannten Erdorientierungsparameter berücksichtigt werden. Sie beschreiben u. a. welchen Bewegungen die Rotationsachse der Erde ausgesetzt ist und die Abweichungen der tatsächlichen Tageslänge gegenüber exakt 24 Stunden. Gemessen werden die Abweichungen mit einer Atomuhr.

Aufgrund wissenschaftlicher und technischer Fortschritte wird der ITRF alle fünf bis sechs Jahre neu berechnet. Wie schon beim vorherigen ITRF2014 werden für den aktuellen ITRF2020 die Daten der folgenden vier Beobachtungsverfahren kombiniert:

- Satellitengestützte Laserentfernungsmessung (SLR)
- Radiointerferometrie (VLBI)
- Globale Navigations-Satellitensysteme (GNSS)
- Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite (DORIS)

Das BKG ist seit vielen Jahren maßgeblich an der Analyse der SLR- und VLBI-Daten beteiligt. Final veröffentlicht wurde der offizielle ITRF2020 im Jahr 2022.

ITRF2020: Basis for navigation and science

What is the fastest way to get to the theater? How many pizzerias are there within a radius of 10 km? Cell phones provide the answer in a few seconds thanks to satellite-based navigation systems. We are also confronted almost daily in the media with information about the melting of glaciers, rising sea levels or long-term temperature changes.

Global satellite-based navigation systems such as the U.S. GPS (Global Positioning System), the Russian GLONASS, the European Galileo and the Chinese Beidou/Compass help scientists to study changes in the environment and each of us to orient ourselves. This is only possible with a geometric reference frame as a basis.

The official geodetic reference frame is the International Terrestrial Reference Frame (ITRF). The basis of the ITRF is a Cartesian coordinate system, which has its origin in the center of mass of the Earth.

In order to determine the ITRF, the coordinates of globally distributed reference points are derived precisely. The so-called Earth orientation parameters must also be taken into account. They describe, among other things, the movements to which the Earth's axis of rotation is subjected and the deviations of the actual length of day from the exact 24 hours. The deviations are measured with an atomic clock.

Due to scientific and technical progress the ITRF is recalculated every five to six years. As with the previous ITRF2014, the current ITRF2020 combines data from the following four monitoring methods:

- Satellite Laser Ranging (SLR)
- Very Long Baseline Interferometry (VLBI)
- Global Navigation Satellite Systems (GNSS)
- Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite (DORIS)

The BKG has been a key contributor to the analysis of SLR and VLBI data for many years. The official ITRF2020 was finally published in 2022.

IERS-Zentralbüro

Aufgrund der zahlreichen Institutionen, die am ITRF2020 beteiligt waren, ist es besonders wichtig, die Datenauswertung zu koordinieren und die Ergebnisse zentral vorzuhalten. Das vom BKG betriebene Zentralbüro des IERS (Internationaler Dienst für Erdrotation und Referenzsysteme) übernimmt diese Aufgabe und stellte eine passwortgeschützte Webseite bereit, über die Daten der Kombinationsbeiträge der vier geodätischen Raumverfahren ausgetauscht werden konnten. Unter <https://www.iers.org/> findet sich zusätzlich ein Tool, welches die involvierten Stationen online darstellt.

Analyse der Satellitengestützten Laserentfernungsmessung

Bei der Satellitengestützten Laserentfernungsmessung werden Entfernungen von weltweit verteilten Bodenstationen zu speziellen künstlichen Erdsatelliten gemessen, um Informationen über die Erdrotation und die Koordinaten der Beobachtungsstationen zu erhalten. Die Entfernungen werden über die Laufzeit gewonnen, die ein Laserpuls für die Strecke zwischen Laserteleskop und Satellit benötigt. Dabei werden gerade einmal rund 40 global verteilte Bodenstationen benötigt und nur vier Kugelsatelliten, welche die Laserpulse reflektieren.

Für die Analyse der Daten ist eine möglichst lange Zeitspanne wichtig. Das BKG verarbeitete SLR-Beobachtungen aus dem Zeitraum von 1993 bis 2020. Daten aus diesem Zeitraum wurden in Wochen-Pakete unterteilt und analysiert. Die daraus gewonnenen Lösungen wurden dem International Laser Ranging Service (ILRS) zur Verfügung gestellt.

Neben Daten zur Erdrotation und zu den Stationskoordinaten wurden auch Informationen über Satellitenbahnen inklusive statistischer Kennzahlen in den internationalen geodätischen Datenzentren bereitgestellt.

Im Gegensatz zu VLBI und GNSS bietet die Laserentfernungsmessung den Vorteil, gleichzeitig das Massezentrum der Erde und den Maßstab des globalen geodätischen Referenzrahmens hoch genau bestimmen zu können.

IERS Central Bureau

Due to the numerous institutions involved in the ITRF2020, it is particularly important to coordinate the data evaluation and to hold the results centrally. The Central Bureau of the IERS (International Service for Earth Rotation and Reference Systems), operated by the BKG, takes over this task and provided a password-protected website through which data of the combination contributions of the four space geodetic techniques could be exchanged. At <https://www.iers.org/>, there is also a tool that displays the involved stations online.

Analysis of Satellite Laser Ranging

In Satellite Laser Ranging, distances are measured from ground stations distributed around the world to special artificial Earth satellites to obtain information about the Earth's rotation and the coordinates of the observation stations. Distances are obtained from the travel time required for a laser pulse to travel between the laser telescope and the satellite. This requires just about 40 globally distributed ground stations and only four spherical satellites that reflect the laser pulses.

A possibly long time span is important for analyzing the data. The BKG processed SLR observations from 1993 to 2020, and data from this period were divided into weekly packages and analyzed. The obtained solutions were provided to the International Laser Ranging Service (ILRS).

In addition to data on the Earth's rotation and station coordinates, information on satellite orbits, including statistical key figures, was also made available at the international geodetic data centers.

In contrast to VLBI and GNSS, laser ranging offers the advantage of being able to simultaneously determine the Earth's center of mass and the scale of the global geodetic reference frame with high accuracy.

Bodenstation

SLR - Satellit

Analyse und Kombination der VLBI-Messungen

Die Radiointerferometrie auf langen Basislinien basiert auf der Beobachtung von extragalaktischen kompakten Radioquellen (Quasare), wobei ein Quasar von zwei oder mehreren Radioteleskopen gleichzeitig angepeilt wird. Die Strahlung der Quasare trifft zu unterschiedlichen Zeiten an den Radioteleskopen ein. Die danach an Korrelationsrechenzentren abgeleiteten Zeitunterschiede sind die eigentlichen VLBI-Beobachtungsgrößen.

VLBI ist dabei das einzige Beobachtungsverfahren, mit dem die Rotation der Erde um ihre Achse hochgenau bestimmt werden kann. Darüber hinaus liefert VLBI, genauso wie SLR, wertvolle Informationen über den globalen Maßstab des ITRF.

VLBI-Beobachtungen sind in sogenannte Sessions mit jeweils 24 Stunden Messdauer unterteilt. Insgesamt lagen aus den Jahren 1984 bis 2020 ca. 6.500 Sessions vor, von denen etwa 6.300 Datensätze brauchbar waren. Ältere Datensätze vor 1984 wurden aufgrund zu geringer Datenqualität nicht berücksichtigt. Die letzten vier Jahre enthalten zusätzlich sogenannte VGOS-Sessions (VLBI Global Observing System). Diese basieren auf einer neuartigen Breitband-Empfängertechnik. Hauptaugenmerk bei der Analyse für den ITRF2020 lag auf der Benutzung

IVS-Kombinationszentrum

Das BKG analysiert und stellt nicht nur die VLBI-Beobachtungen bereit, sondern kombiniert im IVS-Kombinationszentrum (IVS = Internationaler VLBI-Dienst) auch VLBI-Produkte verschiedener Analysezentren. Für die Berechnung des ITRF2020 lieferten neben dem BKG zehn weitere Analysezentren nachbearbeitete VLBI-Datensätze für die Zeitspanne von 1979 bis 2020. Ziel einer Kombination ist es, die Qualität der Produkte zu steigern, indem man unterschiedliche Beiträge auf Basis verschiedener Software- und Modellierungstools berücksichtigt. Dabei konnten – verglichen mit dem vorherigen Referenzrahmen ITRF2014 – die Parameter durch die verwendeten unterschiedlichen Softwarepakete genauer bestimmt werden.

neu erforschter Auswertemethoden. Die bereitgestellten Daten beinhalteten zudem jegliche berechnete Erdorientierungsparameter sowie die Koordinaten der global verteilten VLBI-Beobachtungsstationen. Schlussendlich wurden die VLBI-Datensätze in unserem VLBI-Datenzentrum bereitgestellt.

Datenzentrum für VLBI-Beobachtungen

Das BKG betreibt eines von drei globalen Datenzentren für VLBI-Beobachtungen. Von hier aus rufen verschiedene IVS-Analysezentren die Daten ab, um sie weiter zu verarbeiten. Die daraus entstandenen Produkte werden nach der Analyse ebenfalls im Datenzentrum gesammelt und angeboten. Für die Berechnung des ITRF2020 wurde ein virtueller Bereich erstellt. Dort befinden sich VLBI-Daten aus den Jahren 1979 bis 2020 inklusive der erzeugten Produkte. Über diesen Bereich können die Institutionen vorläufig erzeugte Produkte untereinander austauschen. Insgesamt beträgt die Datenmenge der VLBI-Daten 10 TB. Den größten Teil der Datenmenge machen dabei die Beobachtungsdaten aus. Die VLBI-Datenbasen beinhalten Messungen von weltweit rund 100 VLBI-Stationen zu ca. 5.000 Quasaren.

Darüber hinaus hat das BKG wichtige Aspekte, wie z. B. Genauigkeitsanalysen, in wissenschaftlichen Publikationen veröffentlicht.

Analysis and combination of VLBI measurements

Very Long Baseline Interferometry is based on the observation of extragalactic compact radio sources (quasars), where a quasar is observed by two or more radio telescopes simultaneously. Radiation from the quasars arrives at the radio telescopes at different times. The time differences derived afterwards at correlation computing centers are the actual VLBI observables.

VLBI is the only observing technique that can determine the rotation of the Earth on its axis with high precision. In addition, just like SLR, VLBI provides valuable information about the global scale of the ITRF.

VLBI observations are grouped into so-called sessions, each with a measurement duration of 24 hours. A total of about 6,500 sessions were available from 1984 to 2020, of which about 6,300 data sets were usable. Older data sets before 1984 were not considered due to insufficient data quality. The last four years additionally contain so-called VGOS sessions (VLBI Global Observing System). These are based on a new type of broadband receiver technology. The main focus of the analysis for ITRF2020 was the use of newly explored evaluation methods. The data provided also included any calculated Earth orientation parameters as well as the coordinates of the globally distributed VLBI observing stations. Finally, the VLBI datasets were made available at our VLBI Data Center.

Data for VLBI observations

The BKG operates one of three global Data Centers for VLBI observations. From here, various IVS Analysis Centers retrieve the data for further processing. The resulting products are also collected and offered at the Data Centers after analysis. A virtual domain was created for the ITRF2020 calculation. VLBI data from 1979 to 2020 including the generated products are located there. Through this

platform institutions can exchange preliminarily generated products with each other. The total amount of VLBI data is 10 TB. The largest part of the data volume is made up of observation data. The VLBI databases contain measurements of about 5,000 quasars from about 100 VLBI stations worldwide.

In addition, the BKG has published important aspects, such as accuracy analyses, in scientific publications.

IVS Combination Center

The BKG not only analyzes and provides VLBI observations, but also combines VLBI products from different IVS Analysis Centers (IVS = International VLBI-Service). For the calculation of the ITRF2020, ten other Analysis Centers in addition to the BKG provided post-processed VLBI datasets for the period from 1979 to 2020. The aim of a combination is to increase the quality of the products by considering different contributions based on different software and modeling tools. Thereby – compared to the previous reference frame ITRF2014 – the parameters could be determined more precisely by the different software packages used.

Radioquelle

Teleskop A

Teleskop B

Basislinie



Der Stand des Ausbaus von AGGO am 26.12.2022. In der oberen Bildmitte das 6m-Radioteleskop, darunter das SLR-Teleskop zur Laser-Entfernungsmessung. Nicht im Bild: das Gravimeterhaus mit Solaranlagen und der Rohbau des Bürogebäudes.

The state of AGGO's expansion on Dec. 26, 2022. In the upper center of the image, the 6m radio telescope, below it the SLR telescope for laser range finding. Not in picture: the gravimeter house with solar panels and the shell of the office building.

AGGO: Neuer Vertrag für mehr Nachhaltigkeit

In der Provinz Buenos Aires, vor der Stadtgrenze der Provinzhauptstadt La Plata, steht das Argentinisch-Deutsche Geodätische Observatorium AGGO. Es ist ein Gemeinschaftsprojekt zwischen dem dortigen nationalen Rat für wissenschaftliche und technologische Forschung CONICET und dem BKG. Auf der Grundlage des bilateralen Rahmenvertrags zur wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit zwischen Argentinien und Deutschland aus dem Jahre 1969 unterzeichneten beide Institutionen 2013 einen ersten Kooperationsvertrag. Dieser regelte den Umzug des Transportablen Integrierten Geodätischen Observatoriums (TIGO) von Concepción in Chile nach La Plata in Argentinien. Bestandteil des Vertrags war ebenso der dortige Wiederaufbau – dann unter dem Namen AGGO. Dieser erste Vertrag ermöglichte es, die Infrastruktur mit den Plattformen für die Instrumente, einem Betriebsgebäude, einem Gravimeterhaus, Büro- und Lagerräumen aufzubauen, sowie die Strom- und Wasserversorgung einzurichten.

Um den Beobachtungsbetrieb langfristig abzusichern, war der erste Vertrag jedoch unzulänglich. Grund hierfür war, dass die wirtschaftliche Situation Argentiniens nicht angemessen berücksichtigt wurde. Der Vertrag musste daher angepasst werden. Auch nach der Änderung hat das BKG eine wichtige Rolle inne, wenn es darum geht, die Station zu modernisieren und mit Geräten auszustatten. Beide Partner verständigten sich im neuen Vertrag vom 01.11.2022 auf eine längere Laufzeit, die über zehn Jahre hinausgeht. Ebenso

wurden die Organisationsstruktur angepasst und neue Beobachtungsprogramme hinsichtlich des europäischen Satellitensystems Galileo aufgenommen. Um die vielfältigen Aufgaben des Observatoriums zu bewältigen, wurde auch das Personal aufgestockt. So sind im AGGO-Projekt mittlerweile 18 Arbeitsplätze entstanden, von denen drei das BKG besetzt. Zusätzlich sind sechs Operateure vom Argentinischen Verteidigungsministerium für den Beobachtungsbetrieb im Schichtdienst im Einsatz. Mit der vorhandenen Personalstärke ist es innerhalb der kommenden Jahre möglich, neben dem laufenden Beobachtungsbetrieb ein neues und empfangsstärkeres Radioteleskop für das Beobachtungssystem VGOS zu installieren. So kann AGGO zu einer vollwertigen Netzwerkstation für das globale geodätische Beobachtungssystem GGOS ausgebaut werden.



Feierliche Unterzeichnung des neuen Kooperationsvertrags für AGGO. Ceremonial signing of the new cooperation agreement for AGGO.

AGGO: New contract for more sustainability

In the province of Buenos Aires, outside the city limits of the provincial capital La Plata, stands the Argentine-German Geodetic Observatory AGGO. It is a joint project between the national council for scientific and technological research there, CONICET, and the BKG. Based on the bilateral framework agreement on scientific and technological cooperation between Argentina and Germany from 1969, both institutions signed a first cooperation agreement in 2013. This regulated the relocation of the Transportable Integrated Geodetic Observatory (TIGO) from Concepción in Chile to La Plata in Argentina. The contract also included the rebuilding there - then under the name AGGO. This first contract made it possible to build the infrastructure with the platforms for the instruments, an operations building, a gravimeter house, office and storage space, and to set up the power and water supply.

However, the first contract was inadequate to secure the observation operation in the long term. The reason for this was that Argentina's economic situation was not adequately taken into account. The contract therefore had to be adjusted. Even after the amendment, the BKG continues to play an important role in modernizing the station and equipping it with equipment. In the new contract from 01.11.2022, both partners agreed on a longer term that goes beyond 10 years. The organizational structure was also adapted and new observation programs were includ-

ed with regard to the European satellite system Galileo. In order to cope with the diverse tasks of the observatory, the staff was also increased. Thus, 18 jobs have now been created in the AGGO project, three of which are occupied by the BKG. In addition, six operators from the Argentine Ministry of Defense are on shift duty for the observatory operation. With the existing personnel strength, it will be possible within the next few years to install a new and more powerful radio telescope for the VGOS observation system in addition to the ongoing observation operations. Thus, AGGO can be expanded to a full-fledged network station for the global geodetic observation system GGOS.



Hinweiskarte Starkregengefahren

Der Klimawandel wirkt sich auch in Deutschland aus. In den Alpen ziehen sich die Gletscher zurück. Während der Sommermonate breiten sich Hitze und Dürre aus. Die Landwirtschaft verzeichnet massive Ernteverluste und Waldbrände greifen vermehrt um sich. Wasserstände in Flüssen und Talsperren verzeichnen historische Niedrigstände. Der Klimawandel hat viele Gesichter. Spätestens seit der dramatischen Flutkatastrophe im Ahr- und Erfttal wissen wir, dass auch Starkregenereignisse häufiger auftreten und extremer ausfallen. Dies hat potentiell katastrophale Folgen für Natur, Landschaft und nicht zuletzt den Menschen.

Um die Folgen des Klimawandels wie den Starkregen präventiv als auch im Fall einer Katastrophe abzumildern und im besten Fall zu beherrschen, müssen Daten und Informationen über die jeweiligen örtlichen Begebenheiten gesammelt und ausgewertet werden. Das betrifft sowohl das natürliche Gelände als auch die Veränderung durch den Menschen, der beispielsweise Flächen versiegelt und bebaut. Des Weiteren benötigt man Daten aus der langjährigen Wetterbeobachtung. Mithilfe dieser Informationen kann unter anderem für jedes Gebiet abgeleitet werden, wie häufig und wie intensiv es dort regnet. Im Alpenraum sind diese Werte beispielsweise deutlich höher als im Nordosten Deutschlands. Im Ergebnis muss das Bedrohungspotential für jede Lokalität im Hinblick auf Niederschlagsgeschehen, Topographie und Nutzung räumlich

differenziert betrachtet werden. Damit wird deutlich, wie wichtig regionalisierte Geodaten sind, um Klimafolgen abschätzen und Strategien für regionale Klimaanpassungen ableiten zu können.

Relevant sind hier vor allem die Geodaten

- des Deutschen Wetterdienstes
- des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie
- der deutschen Landesvermessung sowie
- abflussrelevante Daten, die in der Regel von den Wasserwirtschaftsverwaltungen vorgehalten werden.

Letztere beinhalten unter anderem wasserbauliche Bauwerke wie Durchlässe, Pump- oder Schöpfwerke. Mit einer einfachen Überlagerung dieser Daten ist es allerdings nicht getan. Die Abflussdynamik auf der Erdoberfläche ist vielmehr von kleinräumig sehr differenzierten Bedingungen abhängig. Hierzu zählen beispielsweise Gefälle oder Querbauwerke und die jeweilige Wassermenge. Die Daten müssen deshalb in ein hydrodynamisches Abflussmodell integriert und in einem aufwändigen Simulationsmodell verrechnet werden. Im Ergebnis kann man für jeden Quadratmeter eines Gebiets Risikofaktoren ableiten, wie eine potentielle Überflutungstiefe oder auch Strömungsgeschwindigkeit. Die Bilder aus dem Ahr- und Erfttal belegen, wie wichtig diese Informationen sowohl für den präventiven als auch akuten Katastrophenschutz sein können.

Information map of heavy rain hazards

Relevant here are above all the geodata

- of the German Weather Service
- of the Federal Agency for Cartography and Geodesy
- of the German Land Survey as well as
- data relevant to runoff, which are usually held by the water management authorities.

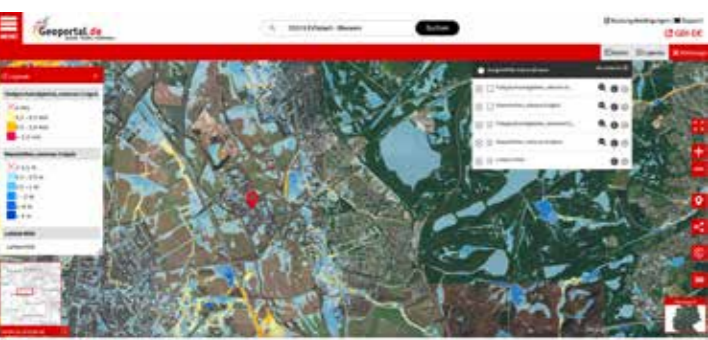
The latter include, among other things, hydraulic engineering structures such as culverts, pumping stations or water scoops. However, a simple overlay of these data is not enough. The runoff dynamics on the earth's surface depend on conditions that are very differentiated over small areas. These include, for example, gradients or transverse structures and the respective water volume. The data must therefore be integrated into a hydrodynamic runoff model and processed in a complex simulation model. As a result, risk factors can be derived for each square meter of an area, such as a potential flooding depth or flow velocity. The images from the Ahr and Erft valleys show how important this information can be for both preventive and acute disaster control.

Climate change is also having an impact in Germany. In the Alps, glaciers are retreating. During the summer months, heat and drought spread. Agriculture suffers massive crop losses and forest fires become more widespread. Water levels in rivers and reservoirs reach historic lows. Climate change has many faces. At the latest since the dramatic flood disaster in the Ahr and Erft valleys, we know that heavy rainfall events are also occurring more frequently and are becoming more extreme. This has potentially catastrophic consequences for nature, the landscape and, not least, people.

In order to mitigate the consequences of climate change, such as heavy rainfall, both preventively and in the event of a disaster, and in the best case to control them, data and information about the respective local conditions must be collected and evaluated. This concerns both the natural terrain and the changes caused by humans, who seal and build on areas, for example. Furthermore, data from long-term weather observations are needed. With the help of this information, it is possible to determine for each area how often and how intensively it rains there. In the Alpine region, for example, these values are significantly higher than in northeastern Germany. As a result, the threat potential for each locality must be considered in a spatially differentiated manner with regard to precipitation patterns, topography and land use. This highlights the importance of regionalized geospatial data to assess climate impacts and derive strategies for regional climate adaptation.

Vom Pilot- zum großen Kooperationsprojekt

Wir arbeiten zusammen mit Fachbehörden aus Bund und Ländern an einer deutschlandweiten Hinweiskarte für Starkregengefahren. Im Jahr 2021 endete hierfür ein ehrgeiziges Pilotprojekt in Nordrhein-Westfalen (NRW). Mit dem erfolgreichen Abschluss des Projektes wurden die Ergebnisse als digitale Karten der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Sie sind unter anderem im Geoportal Deutschland integriert: www.bkg.bund.de/starkregen-nrw. Seit 2021 arbeitet das BKG in einem großen Kooperationsprojekt daran, Karten für zehn weitere Bundesländer zu erstellen. Die Karten werden dann die gesamte Fläche Nord- und Ostdeutschlands abdecken. Es ist geplant, die gesamte Bundesfläche bis Ende 2025 zu kartieren.



Hinweiskarte Starkregengefahren NRW im geoportal.de
Information map of heavy rain hazards NRW in geoportal.de

Das BKG hat diese Zusammenhänge bereits vor vielen Jahren zum Anlass genommen, entsprechende „Hinweiskarten für Starkregengefahren“ anzufertigen. Als Erstes wurde im Rahmen eines Pilotprojekts eine landesweite Karte in Nordrhein-Westfalen (NRW) erstellt. Hierfür kooperierte das BKG mit den zuständigen Umwelt- und Vermessungseinrichtungen des Landes. Die Karten sind seit Oktober 2021 frei im Geoportal Deutschland zugänglich. Sie wurden außerdem im Klimaanpassungsportal von NRW veröffentlicht: <https://www.klimaatlas.nrw.de/klima-nrw-pluskarte>.

Die für NRW erstellte Karte zeigt die simulierten Überflutungsflächen mit Fließtiefen und -geschwindigkeiten für seltene und extreme Niederschlagsereignisse. Die Ergebnisse sind einfach und verständlich für die Öffentlichkeit, für Fachexperten und Einsatzkräfte als Web-Karte frei und offen verfügbar. Die Deutschlandkarte ist eine notwendige Ergänzung und ein Bindeglied zu den lokal im Detail konkreten „Vor-Ort-Karten“, die aber nur vereinzelt vorliegen.

Im Oktober 2021 startete das BKG ein großes Folgeprojekt. In diesem werden weitere Bundesländer modelliert und kartiert. Hierzu gehören Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen. Die genannten Länder, ein Expertennetzwerk des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr sowie die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser wirken in einem Projektbeirat aktiv mit. Das Projektende ist für Anfang 2024 vorgesehen.

Gleichzeitig arbeitet das BKG mit seinen Partnern daran, eine deutschlandweite Karte bis 2024/2025 fertig zu stellen. Das Projekt des BKG deckt sich mit dem Ziel der Bundesregierung, notwendige Maßnahmen für die Klimaanpassung Deutschlands aktiv voranzutreiben. Im laufenden Koalitionsvertrag sind bundesweite Standards für Starkregengefahren vorgesehen. Mit dem Projekt des BKG kann die Bundesregierung dieses Ziel bis zum Ende der Legislaturperiode erreichen. Parallel werden die Weichen für die Zukunft gestellt. Mit dem vom BKG initiierten Vorhaben „Digitaler Zwilling Deutschland“ soll es mittel- und langfristig möglich sein, auch auf der Grundlage aktueller Niederschlagsvorhersagen kurzfristige Prognosen für das Überflutungsgeschehen durch Starkregen zu treffen.

Many years ago, the BKG took these correlations as an opportunity to prepare corresponding “information maps of heavy rain hazards”. As a first step, a state-wide map was produced in North Rhine-Westphalia (NRW) as part of a pilot project. For this, the BKG cooperated with the responsible environmental and surveying institutions of the state. The maps have been freely accessible on the Geoportal Deutschland since October 2021. They have also been published on the climate adaptation portal of NRW: <https://www.klimaatlas.nrw.de/klima-nrw-pluskarte>.

The map produced for NRW shows simulated floodplains with flow depths and velocities for rare and extreme precipitation events. The results are freely and openly available as a web map in a simple and understandable way for the public, for technical experts and for emergency services. The map of Germany is a necessary supplement and a link to the “on-site maps” that are locally specific in detail, but are only available in isolated cases.

In October 2021, the BKG launched a major follow-up project. In this, additional federal states will be modeled and mapped. These include Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Western Pomerania, Lower Saxony, Saxony, Saxony-Anhalt, Schleswig-Holstein and Thuringia. The aforementioned states, a network of experts from the Federal Ministry of Digital Affairs and Transport, and the Federal/State Working Group on Water are actively involved in a project advisory board. The project is scheduled for the beginning of 2024.

At the same time, the BKG is working with its partners to complete a Germany-wide map by 2024/2025. The BKG’s project coincides with the German government’s goal of actively promoting necessary measures for Germany’s climate adaptation. The current coalition agreement provides for nationwide standards for heavy rainfall hazards. The BKG project will enable the federal government to achieve this goal by the end of the legislative period. At the same time, the course is being set for the future. With the “Digital Twin Germany” project initiated by the BKG, it should be possible in the medium and long term to make short-term forecasts for flooding caused by heavy rain, also on the basis of current precipitation forecasts.

From pilot to large-scale cooperation project

We are working together with specialist authorities from the federal and state governments on a Germany-wide information map for heavy rain hazards. An ambitious pilot project for this in North Rhine-Westphalia (NRW) ended in 2021. With the successful completion of the project, the results were made available to the public as digital maps. Among other things, they are integrated in the Geoportal Deutschland: www.bkg.bund.de/starkregen-nrw. Since 2021, the BKG has been working on a large cooperative project, to create maps for ten additional federal states. The maps will then cover the entire area of northern and eastern Germany. The plan is to map the entire federal territory by the end of 2025.



Berechnete maximale Fließgeschwindigkeiten und Wasserstände bei extremen Starkregen.
Calculated maximum flow velocities and water levels during extreme heavy rainfall.



„Denied Areas“: Positionen bestimmen in Innenräumen

Die eigene Position mit globalen Navigations-Satellitensystemen zu bestimmen, gehört inzwischen zum Alltag. Auch mobile Einsatzkräfte der Polizei, Feuerwehr oder andere Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben nutzen diese Technologie, um ihre Position im Außenbereich verlässlich zu bestimmen. Über Funk oder Mobilfunk werden diese Informationen häufig automatisiert an die zuständige Einsatzleitung weitergegeben.

Innerhalb von Gebäuden stößt die Technologie jedoch schnell an ihre Grenzen. Dort wird deshalb eine Positionierungsinfrastruktur als Hilfsmittel genutzt: verbaute Signaltechnik auf Basis von Bluetooth Beacons, NFC oder UWB. Im Ernstfall können sich die Einsatzkräfte allerdings nicht darauf verlassen, dass diese Systeme verfügbar sind. Ist in einem Gebäude keine zusätzliche Positionierungsinfrastruktur verfügbar, endet die Ortungsinformation mit Abriss der GPS- oder Mobilfunkverbindung sobald das Gebäude betreten wird.

Für Einsatzleitungen stellen komplexe Gebäude daher eine große Herausforderung dar, wenn es darum geht, Einsatzkräfte zu koordinieren. Dies ist insbesondere der Fall, wenn ein Gebäude brennt oder verraucht ist, ein Katastrophenfall mit zahlreichen Beteiligten oder eine andere akute Gefahrensituation vorliegt. Einer außenstehenden und meist ortsfremden Person die eigene Position zu beschreiben, damit helfende Kräfte unterstützend hinzukommen können, kann zu folgeschweren Missverständnissen führen.

Bluetooth Beacons, NFC und UWB

Bluetooth Beacons:

Das sind kleine batteriebetriebene Geräte, die durch ihren geringen Stromverbrauch ein Signal auf 2,4 MHz senden. Mobile Endgeräte können diese Signale mithilfe einer Software einzelnen Sendern zuordnen und optional die Entfernung zum Sender bestimmen. Durch mehrere im Innenraum ortsfest installierte Sender, können mobile Nutzer ihre eigene Position abschätzen. Solche Systeme sind für Ausstellungen und Museen gut geeignet.

Near Field Communication (NFC):

Das ist eine Technologie, die kleine Datenmengen innerhalb weniger Zenti- oder Dezimeter überträgt. Zugangskontrollsysteme (Scheckkarten) kommen ohne eigene Stromversorgung aus, da das Lesesystem (auch Smartphones) sie induktiv mit Energie versorgen.

Ultrawideband (UWB):

Diese Technologie (z. B. Apple Tags) nutzt Signale auf verschiedenen Frequenzen, um zu erkennen, ob ein Sensor existiert oder um zu messen, wie stark sein Signal ist. Sie wird auch eingesetzt, um mithilfe von Zeitmessverfahren Abstände genau zu bestimmen.

Denied Areas: Determining positions indoors

Determining one's own position with global navigation satellite systems has become part of everyday life. Mobile police forces, fire departments and other authorities and organizations with security tasks also use this technology to reliably determine their position in the field. This information is often automatically forwarded to the responsible command center via radio or mobile communications.

Inside buildings, however, the technology quickly reaches its limits. Therefore, a positioning infrastructure is used there as an aid: built-in signal technology based on Bluetooth Beacons, NFC or UWB. In an emergency, however, emergency forces cannot rely on these systems being available. If no additional positioning infrastructure is available in a building, the positioning information ends when the GPS or mobile radio connection is interrupted as soon as the building is entered.

Complex buildings therefore pose a major challenge for emergency response teams when it comes to coordinating emergency forces. This is particularly the case when a building is on fire or filled with smoke, in the event of a disaster involving numerous people, or in any other acutely dangerous situation. Describing one's own position to an outside person, who is usually not familiar with the area, so that helping forces can come to assist, can lead to serious misunderstandings.

Bluetooth Beacons, NFC and UWB

Bluetooth Beacons:

These are small battery-powered devices that transmit a signal on 2.4 MHz due to their low power consumption. Mobile devices can use software to assign these signals to individual transmitters and optionally determine the distance to the transmitter. With several transmitters installed in a fixed location indoors, mobile users can estimate their own position. Such systems are well suited for exhibitions and museums.

Near Field Communication (NFC):

This is a technology that transmits small amounts of data within a few centimeters or decimeters. Access control systems (check cards) do not need their own power supply, as the reading system (including smartphones) supplies them with power inductively.

Ultrawideband (UWB):

This technology (e.g., Apple tags) uses signals at different frequencies to detect whether a sensor exists or to measure how strong its signal is. It is also used to accurately determine distances using timing techniques.

Aktuelle Forschungen beschäftigen sich zwar schon länger mit geeigneten Indoor-Positionierungssystemen, beschränken sich jedoch meist auf einzelne Gebäude, die entweder mit spezieller oder experimenteller Signaltechnik ausgestattet sind.

Im Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Denied Areas“ werden im BKG innovative Methoden untersucht, mithilfe derer die eigene Position in Innenräumen zuverlässig in Echtzeit bestimmt werden kann. Zudem werden Methoden entwickelt, welche auch unabhängig von einer fest verbauten Infrastruktur funktionieren. Ziel des Projekts ist es, Einsatzkräfte unabhängig von äußeren Einflüssen zu orten. Dann wird es möglich sein, dass lokale und nationale Einsatzleitungen der vernetzten Akteure unmittelbar und koordiniert vorgehen können.

Der Fokus des Projekts liegt dabei darauf, für den jeweiligen Anwendungsfall die sinnvollste Kombination von Sensoren zu nutzen, welche es ermöglicht, unabhängig und zuverlässig die Position zu bestimmen. Dafür werden verschiedene innovative Technologien getestet, analysiert und optimiert. Die Basis bilden tragbare miniaturisierte Trägheitsnavigationssysteme (INS). Sie lassen sich mit weiteren Sensoren zur Funkortung, LiDAR, Computervision, Ultraschall sowie Richtungs- und Höhenmesssystemen kombinieren.

Damit sich die Entscheidungsträger verschiedener Organisationen untereinander abstimmen können, müssen die Positionsdaten aus komplexen Gebäuden heraus sicher an die Einsatzleitungen übertragen werden. Hierfür werden im Projekt Denied Areas geeignete Übertragungsmethoden untersucht und prototypisch getestet. Konkrete Anforderungen für Anwendungen, Funktionen und Genauigkeiten erarbeiten, diskutieren und erweitern wir mithilfe agiler Arbeits- und Projektmethoden regelmäßig mit unseren Schlüsselkunden und Partnern.

Insgesamt konnten die praxisnahen Untersuchungen und Entwicklungen des bisherigen Projektverlaufs wichtige Ansätze liefern, um die Fähigkeiten zur Positionsbestimmung mit einfachen Mitteln zu steigern. Durch das Projekt Denied Areas baut das BKG außerdem umfangreiches Forschungs- und Technologie-Know-how auf und sammelt praktische Erfahrungen in der Indoor-Echtzeit-Lokalisierung, Indoor-Navigation und Gebäudeerfassung. Die Forschungsarbeit wird deshalb mit großem Interesse von vielen Akteuren beobachtet und ermöglicht dem BKG, seine

Expertise mit anderen Behörden zu teilen. Letztendlich kommt dieser Mehrwert über die erweiterten Fähigkeiten der Einsatzkräfte der gesamten Bevölkerung zugute.

INS, LiDAR und Computervision

Inertialnavigationssystem (INS):

Ist die anfängliche Position und Richtung bekannt, kann ein Inertialnavigationssystem ohne weitere Eingangsdaten die eigene Position und Richtung weiterberechnen. Ist auch eine Zielkoordinate bekannt, kann die Entfernung und Richtung hierzu berechnet werden. Bekannt sind solche Systeme als Kreiselkompass, die auf Schiffen und Luftfahrzeugen eingesetzt wurden.

LiDAR:

Mit der LiDAR-Methode misst man Abstände mithilfe von Laserstrahlen. Eine bekannte Anwendung sind Geschwindigkeitskontrollen im Straßenverkehr.

Computervision:

Computervision verarbeitet Kamerabilder, um aus ihnen geometrische Informationen zu extrahieren. Es können z. B. Bewegungsmuster von Passanten erkannt oder die Technologie kann zur Abstandsmessung beim Einparken von Fahrzeugen genutzt werden.

Although current research has been looking into suitable indoor positioning systems for some time, it is usually limited to individual buildings equipped with either special or experimental signaling technology.

In the research and development project “Denied Areas”, innovative methods are being investigated at the BKG that can be used to reliably determine one’s own position indoors in real time. In addition, methods are being developed that also function independently of a permanently installed infrastructure. The aim of the project is to locate emergency forces independently of external influences. It will then be possible for local and national task forces of networked actors to take immediate and coordinated action.

The focus of the project is on using the most sensible combination of sensors for the respective application, which will enable the position to be determined independently and reliably. To this end, various innovative technologies are being tested, analyzed and optimized. Portable miniaturized inertial navigation systems (INS) form the basis. They can be combined with other sensors for radiolocation, LiDAR, computer vision, ultrasound as well as direction and altitude measurement systems.

In order for decision-makers from different organizations to coordinate with each other, position data must be securely transmitted from within complex buildings to mission control centers. For this purpose, suitable transmission methods are being investigated and prototypically tested in the Denied Areas project. We regularly develop, discuss and expand concrete requirements for applications, functions and accuracies with our key customers and partners using agile working and project methods.

Overall, the practical investigations and developments during the course of the project so far have been able to provide important approaches for increasing the capabilities for position determination using simple means. Through the Denied Areas project, the BKG is also building up extensive research and technology know-how and gaining practical experience in indoor real-time localization, indoor navigation and building detection. The research work is therefore watched with great interest by many stakeholders and enables the BKG to share its expertise with other agencies. Ultimately, this added value benefits the entire population via the expanded capabilities of the emergency services.

INS, LiDAR and Computer vision

Inertial Navigation System (INS):

If the initial position and direction are known, an inertial navigation system can continue to calculate its own position and direction without any other input data. If a target coordinate is also known, the distance and direction to it can be calculated. Such systems are known as gyrocompasses, which have been used on ships and aircraft.

LiDAR:

The LiDAR method measures distances using laser beams. One well-known application is speed checks in road traffic.

Computer vision:

Computer vision processes camera images to extract geometric information from them. For example, movement patterns of passers-by can be detected or the technology can be used to measure distances when parking vehicles.



Auch in Kellern und Schächten ist Positionsbestimmung möglich. Positioning is also possible in cellars and shafts.



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
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
- **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

The 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
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
- **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

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, 2023

Druck

Silber Druck oHG, Lohfelden

Die Broschüre wurde auf FSC® Recycled Papier gedruckt.
Außerdem wurde die Broschüre CO₂ neutral produziert.

Titelbild:

Feuerwehrleute von picture alliance/dpa/Christoph Reichwein, Hinweiskarte Starkregengefahren auf geoportal.de

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, 2023

Print

Silber Druck oHG, Lohfelden, Germany

The brochure was printed on FSC® Recycled paper. In addition, the brochure was produced in a CO₂ neutral way.

Cover:

Firefighters by picture alliance/dpa/Christoph Reichwein, information map of heavy rain hazards by geoportal.de

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



www.bkg.bund.de