



Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie

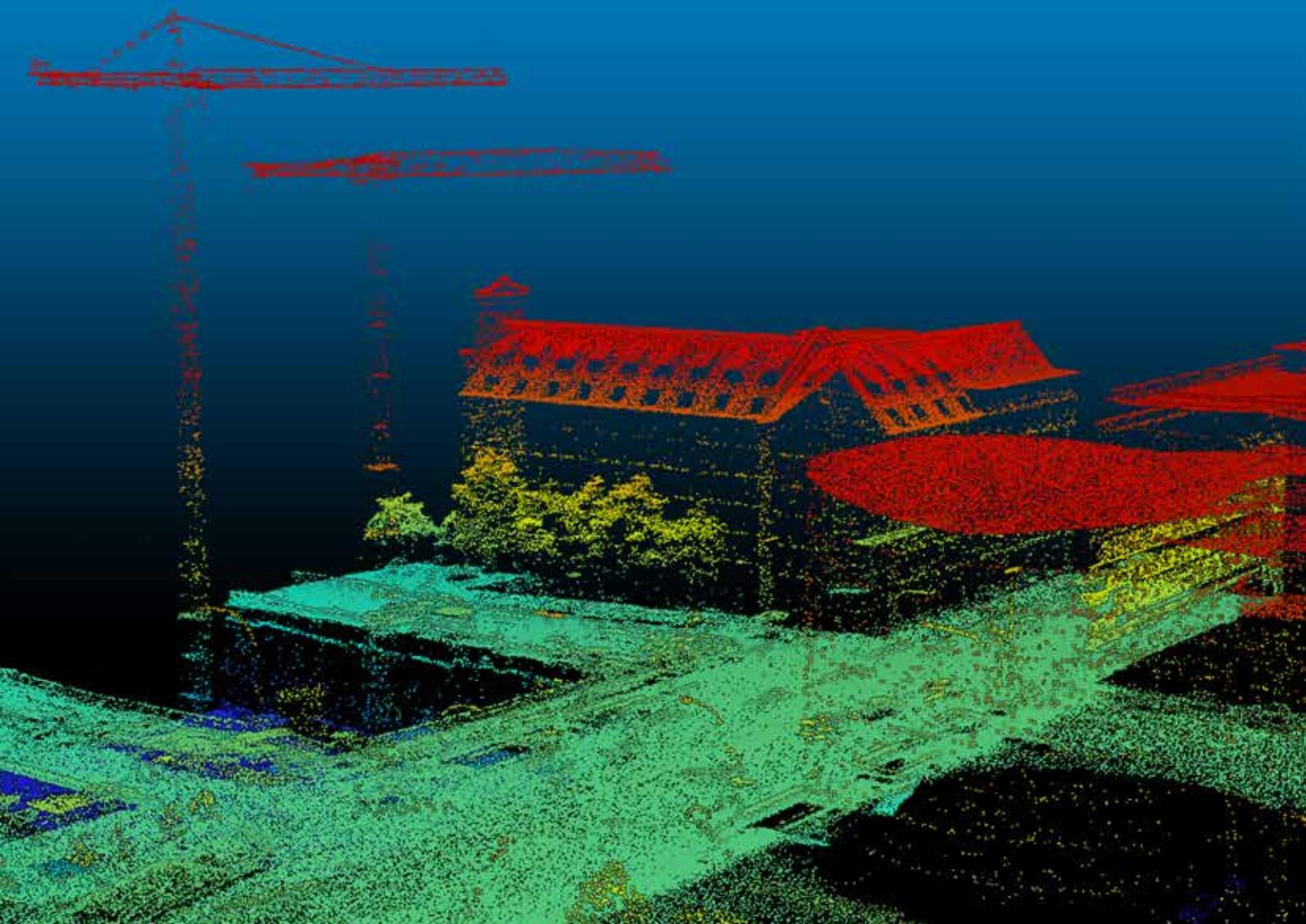


Jahresbericht 2021

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

Annual report 2021

Federal Agency for Cartography and Geodesy



Jahresbericht 2021

Wir geben Orientierung

Annual report 2021

Leading the way

Vorwort



Liebe Leserin, lieber Leser,

das Jahr 2021 war ein weiteres Jahr, welches durch die Pandemie wesentlich bestimmt wurde. Gegenüber dem Vorjahr war die Lage allerdings etwas entspannter. Impfungen und zunehmende Erfahrungen im Umgang mit dem Homeoffice machten die Situation erträglicher. So konnte das BKG seine ambitionierten Ziele trotz erschwelter Bedingungen gut erreichen. Dies belegt der Ihnen vorliegende Jahresbericht wieder auf eindrucksvolle Weise.

Von herausragender Bedeutung waren die Arbeiten zum Aufbau des Digitalen Zwillings Deutschlands. Damit wollen wir in den nächsten Jahren ein feingranulares digitales Abbild Deutschlands mit einer Vielzahl von Geoinformationen schaffen. Es soll auch mit Auswerteroutinen und einer Cloudplattform verbunden sein. Mit diesem Modell kann dann u. a. in der Umwelt, der Sicherheit, im Verkehr und in der Raumplanung realitätsnah analysiert und simuliert werden. Es entsteht ein mächtiges Werkzeug, mit welchem sich Entscheidungsalternativen entwickeln lassen. Die Arbeiten zur Starkregenhinweiskarte für das ganze Bundesland Nordrhein-Westfalen geben erste Hinweise darauf, was schon ein vergleichsweise einfacher digitaler Zwilling für ein großes Betrachtungsgebiet leisten kann.

Wichtig war es auch, die Servicestelle Fernerkundung aufzubauen. Über sie können kommerziell erzeugte hochaufgelöste Satellitendaten und -bilder für Bundeseinrichtungen zentral beschafft und innerhalb der Bundesverwaltung kostenfrei genutzt werden. Dieses Angebot ergänzt die Copernicus-Daten für einen breiten Anwenderkreis

bedeutend. Die Nachfrage nach diesen Informationen war von Anbeginn hoch und steigt derzeit weiter.

Wir haben nicht nur Geoinformationen verbessert, wir haben auch Lösungen beigetragen zu den großen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit. Ein besonders prägnantes Beispiel waren unsere Arbeiten zum Klimawandel, insbesondere zur Meeresspiegeländerung und zu der bereits erwähnten Starkregenhinweiskarte.

Auch mit dem Weltraumwetter haben wir uns im vergangenen Jahr beschäftigt. Verbunden mit energiereicher Partikelstrahlung kann es beträchtliche Schäden u. a. an der technischen Infrastruktur verursachen. Mit unserem Geodätischen Observatorium Wettzell wollen wir dazu beitragen, das Weltraumwetter besser zu verstehen und die Warnungen und Vorhersagen besser zu machen. Hierfür haben wir ein neues Sonnenbeobachtungsteleskop aufgebaut.

Nicht vergessen möchte ich, dass wir uns an der sechswöchigen GNSS-Messkampagne, einem Satellitenmessverfahren, beteiligt haben. Da wir auf einem Planeten leben, der sich u. a. aufgrund der Plattentektonik ständig verändert, ist es wichtig, Deutschland von Zeit zu Zeit neu zu vermessen. 2021 war es wieder soweit. Dafür waren Teams der einzelnen Landesvermessungsämter und das BKG in allen Teilen des Landes unterwegs.

Natürlich haben wir noch viel mehr gemacht. Blättern Sie durch unseren Jahresbericht und informieren Sie sich über zahlreiche weitere Tätigkeiten und Projekte.

Und nun wünsche ich Ihnen einen spannenden Ausflug in die Welt der Geoinformation und Geodäsie, so wie wir sie erleben durften.

Ihr

Prof. Dr. Paul Becker
Präsident und Professor

Preface

Dear Reader,

The year 2021 was another year that was significantly determined by the pandemic. Compared to the previous year, however, the situation was somewhat more relaxed. Vaccinations and increasing experience in dealing with the home office made the situation more bearable. Thus, the BKG was able to achieve its ambitious goals well, despite more difficult conditions. This is again impressively demonstrated in the annual report before you.

Of outstanding importance was the work on setting up Germany's digital twin. Over the next few years, we intend to create a fine-grained digital image of Germany with a wide range of geoinformation. It will also be linked to evaluation routines and a cloud platform. This model can then be used for realistic analysis and simulation in areas such as the environment, security, traffic and spatial planning. The result is a powerful tool that can be used to develop decision alternatives. The work on the heavy rainfall information map for the entire federal state of North Rhine-Westphalia provides initial indications of what even a comparatively simple digital twin can achieve for a large area.

It was also important to establish the Federal Service Point of Remote Sensing. It enables commercially produced high-resolution satellite data and images to be procured centrally for federal institutions and used free of charge within the federal administration. This offer significantly supplements the Copernicus data for a wide range of users. Demand for this information has been high from the beginning and is currently increasing.

We have not only improved geospatial information, we have also contributed solutions to the major societal challenges of our time. A particularly striking example was our work on climate change, especially on sea level change and the heavy rainfall information map mentioned earlier.

We also worked on space weather last year. Combined with high-energy particle radiation, it can cause considerable damage to technical infrastructure, among other things. With our Geodetic Observatory Wettzell, we want to contribute to a better understanding of space weather

and to better warnings and forecasts. For this purpose, we have built a new solar observation telescope.

I don't want to forget that we participated in the six-week GNSS measurement campaign, a satellite measurement technique. Since we live on a planet that is constantly changing due to plate tectonics, among other things, it is important to remeasure Germany from time to time. In 2021, it was time again. For this, teams from the individual state surveying offices and the BKG were on the road in all parts of the country.

Of course, we did much more. Browse through our annual report and find out about numerous other activities and projects.

And now I wish you an exciting excursion into the world of geoinformation and geodesy as we were able to experience it.

Your

Prof. Dr. Paul Becker
President and Professor

Inhaltsverzeichnis

Table of contents

6



Im Rückblick: Das war das BKG-Jahr 2021

Erste Pressekonferenz des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Veröffentlichung digitaler Atlanten und einer Hinweiskarte Starkregen-gefahren, Satellitenbilder für die Bundesverwaltung, neues Geoportal Deutschland: Mit unserem Jahresrückblick möchten wir noch einmal – zusätzlich zu unseren nachfolgenden Schwerpunktthemen – an einige Ereignisse aus dem Jahr 2021 erinnern.

Looking back: This was BKG's year 2021

First press conference of the Federal Agency for Cartography and Geodesy, publication of digital atlases and an advisory map of heavy rainfall hazards, satellite images for the federal administration, new Geoportal Deutschland: With our annual review, we would like to remind you once again – in addition to our following focus topics – of some events from the year 2021.

12



Von der Küste bis zu den Alpen: GNSS-Messkampagne

Im Sommer 2021 war es soweit und der Startschuss fiel, Deutschland neu zu vermessen. Während einer sechswöchigen GNSS-Messkampagne (GNSS – Globales Navigations-Satellitensystem) waren Teams der einzelnen Landesvermessungsbehörden und des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie in allen Teilen des Landes unterwegs – von den Alpen bis zur Küste.

From the coast to the Alps: GNSS measurement campaign

In summer 2021, the time had come and the starting signal was given to remeasure Germany. During a six-week GNSS (Global Navigation Satellite System) measurement campaign, teams from the individual state surveying offices and the Federal Agency for Cartography and Geodesy were on the move in all parts of the country - from the Alps to the coast.

18



Das Wetter im Weltraum

Das Geodätische Observatorium Wettzell (GOW) trägt künftig dazu bei, das Weltraumwetter besser zu verstehen, Vorhersagen präziser zu treffen und damit langfristig technische Infrastruktur zu schützen. Mit diesem Ziel erweitern wir das GOW zu einer Referenzstation, von der aus das Weltraumwetter beobachtet werden kann.

The weather in space

The Geodetic Observatory Wettzell (GOW) will contribute to a better understanding of space weather, to more precise forecasts and thus to the long-term protection of technical infrastructure. With this goal in mind, we are expanding the GOW into a reference station from which space weather can be observed.

22



Meeresspiegel in Nord- und Ostsee beobachten

Damit Höhen überall in Deutschland mit modernen satellitengestützten Vermessungsverfahren bestimmt werden können, berechnen wir am Bundesamt für Kartographie und Geodäsie ein Modell der amtlichen Höhenbezugsfläche. Durch die stetig wachsende Bedeutung der Meere und Küsten, ist auch der Bedarf an zuverlässigen Höheninformationen für diese Gebiete gestiegen. Daher vermessen wir seit Jahren gemeinsam mit unseren Partnern die Nord- und Ostsee.

Observing sea level in North Sea and Baltic Sea

To ensure that heights can be determined everywhere in Germany using modern satellite-based surveying methods, we calculate a model of the official height reference area at the Federal Agency for Cartography and Geodesy. Due to the steadily growing importance of the oceans and coasts, the need for reliable elevation information for these areas has also increased. Therefore, we have been surveying the North Sea and the Baltic Sea together with our partners for years.

28



Der digitale Zwilling: ganz Deutschland in 3D

Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie hat es sich zum Ziel gesetzt, ganz Deutschland hoch aufgelöst und dreidimensional abzubilden. Mit dem so entstehenden digitalen Abbild Deutschlands, dem „Digitalen Zwilling“, lassen sich zukünftig verschiedene Szenarien und Handlungsalternativen planen.

The digital twin: all of Germany in 3D

The Federal Agency for Cartography and Geodesy has set itself the goal of creating a high-resolution, three-dimensional image of the whole of Germany. The resulting digital image of Germany – the “digital twin” – will make it possible to plan various scenarios and alternative courses of action in the future.

32



Satellitendaten und -bilder für Bundeseinrichtungen

Welche konkreten Bedarfe an Dienstleistungen und welche Anforderungen an Fernerkundungsdaten bestehen in der Bundesverwaltung? Dieser Frage sind wir am Bundesamt für Kartographie und Geodäsie nachgegangen. Die Ergebnisse der Erhebung dienen dazu, das Angebot der Servicestelle Fernerkundung optimal auf die Wünsche und Bedürfnisse der Nutzenden auszurichten.

Satellite data and images for federal institutions

What are the concrete needs for services and what are the requirements for remote sensing data in the federal administration? We investigated this question at the Federal Agency for Cartography and Geodesy. The results of the survey were used to optimally tailor the services offered by the Federal Service Point of Remote Sensing to the wishes and needs of the users.

Im Rückblick: Das war das BKG-Jahr 2021

18.01.2021

Das BKG hat gemeinsam mit einer Expertengruppe der Internationalen Assoziation für Geodäsie das Internationale Schwere-Referenzsystem neu definiert.

Die physikalische Messgröße „Schwerebeschleunigung“, auch als Schwere bekannt, ist eine wichtige Informationsquelle nicht nur in der Geodäsie, der Vermessung der Erde. Schwere-messungen werden beispielsweise genutzt, um Massen im System Erde zu monitoren, die sich aufgrund von Umweltveränderungen verlagern. Damit vergleichbar gemessen werden kann, müssen die Schwere-messungen auf einer international abgestimmten, einheitlichen und langfristig stabilen Grundlage beruhen, dem Internationalen Schwere-Referenzsystem. Das Niveau des bisher gültigen Referenzsystems aus dem Jahr 1971 beruht auf alten Messtechnologien. Heute erreichen die Messgeräte eine viel höhere Genauigkeit, wodurch nach 50 Jahren ein neues Referenzsystem dringend erforderlich wurde.

09.02.2021

Jährliche Pressekonferenz des BKG

Das BKG hat seine fortan jährliche Pressekonferenz veranstaltet. Sie fand im Tagungszentrum der Bundespressekonferenz in Berlin und online per Livestream statt. Themen waren das neue Geoportal.de und das Wetter im Weltraum.

Januar / January

Februar / February

März / March

April

Mai / May

Juni / June

Annual press conference of the BKG

The BKG held its annual press conference. It took place in the conference center of the Federal Press Conference in Berlin and online via livestream. Topics were the new Geoportal.de and weather in space.



Together with a group of experts from the International Association of Geodesy, the BKG has redefined the International Gravity Reference System.

The physical measurand “gravitational acceleration”, also known as gravity, is an important source of information not only in geodesy, the surveying of the earth. Gravity measurements are used, for example, to monitor masses in the Earth system that are shifting due to environmental changes. In order to be able to measure comparably, gravity measurements must be based on an internationally agreed, uniform and long-term stable basis, the International Gravity Reference System. The level of the previously valid reference system from 1971 is based on old measuring technologies. Today, measuring instruments achieve much higher accuracy, making a new reference system urgently necessary after 50 years.

26.04.2021

Deutschlands Geoportal 2.0 ist online

Wo sind die nächstgelegenen Krankenhäuser und wie lange brauche ich dorthin? Wo ist die Feinstaubbelastung besonders hoch? Wo muss bei starken Niederschlägen mit Hochwasser gerechnet werden und wie viele Menschen sind dann betroffen? Geoinformationen, also Informationen mit Orts- und Raumbezug, einfach und kostenfrei zugänglich zu machen, zu kombinieren und so für aktuelle Fragen nutzbar zu machen – dafür wurde das neue Geoportal Deutschland entwickelt.

05.05.2021

Map on Demand - Karten einfach selber erzeugen & drucken

Den gesamten Verlauf des Rheins in einer Kartenabfolge drucken? Das Stadtgebiet von Los Angeles in einem Kartenausschnitt abbilden? Kein Problem mit „Map on Demand“. Mit dieser neuen Webanwendung des BKG können alle Nutzerinnen und Nutzer druckfertige Karten und Kartenausschnitte selbst definieren und erzeugen - und das nicht nur für Deutschland, sondern weltweit.



16.06.2021

Hitze & ihre Auswirkungen: Neuer Webatlas des BKG ist online

Das BKG hat einen Hitzeatlas als Webanwendung herausgebracht. Der Atlas informiert rund um das Thema „Hitzebelastung“ in Deutschland. Die Daten werden mehrmals täglich aktualisiert. Der für jede Bürgerin und jeden Bürger frei verfügbare Atlas beinhaltet auch nützliche Tipps für heiße Tage.



Map on Demand - Simply create & print maps yourself

Print the entire course of the Rhine in a map sequence? Map the urban area of Los Angeles in one map section? No problem with “Map on Demand”. With this new web application from the BKG, all users can define and generate print-ready maps and map sections themselves - and not just for Germany, but worldwide.

Germany's Geoportal 2.0 is online

Where are the nearest hospitals and how long will it take me to get there? Where is particulate matter pollution particularly high? Where can floods be expected during heavy rainfall and how many people will be affected? The new Geoportal Deutschland was developed to make geoinformation, i.e. information with a local and spatial reference, easily accessible and free of charge, and to combine it so that it can be used for current issues.

Heat & its effects:

New BKG web atlas is online

The BKG has published a heat atlas as a web application. The atlas provides information on the topic of “heat stress” in Germany. The data is updated several times a day. The atlas, which is freely available to every citizen, also contains useful tips for hot days.



Looking back: This was BKG's year 2021

28./29.09.2021

SKD-Forum informiert über Geoinformations- und Fernerkundungsservices für die Bundesverwaltung

Beim ersten SKD-Forum informierten sich interessierte Mitarbeitende von Bundes-einrichtungen über das Serviceangebot des Satellitengestützten Krisen- und Lage-dienstes (SKD) am BKG. Die Online-Veranstaltung war vornehmlich für zukünftige neue Nutzende gedacht. Sie konnten das Potential der Geoinformation inklusive Fernerkundung anhand anschaulicher Beispiele praxisnah erfahren. Die Mitarbei-tenden des SKD erläuterten den Teilnehmenden theoretisches Hintergrundwissen; außerdem erklärten sie, wie die Produkte des SKD entstehen und genutzt werden.

21.-23.09.2021

BKG auf der INTERGEO® in Hannover

Das BKG präsentierte sich wieder mit einem Stand sowie virtuell in einem digitalen Messeraum. Die INTERGEO® ist die Leitmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement und damit eine der wichtigsten Platt-formen der Branche.



28.10.2021

Hinweiskarte Starkregengefahren

Das BKG hat eine interaktive Webkarte mit Gefahrenhinweisen zu Starkregen für das Gebiet Nordrhein-Westfalen (NRW) ver-öffentlicht. Die Karte ist im Geoportal des Bundes und der Länder frei zugänglich: www.bkg.bund.de/starkregen-nrw. NRW ist die erste Teilregion im Projekt „Hin-weiskarte Starkregengefahren“. Weitere Regionen sollen folgen.

24.11.2021

BKG veröffentlicht interaktiven Dürreatlas

Der digitale Dürreatlas ist nach dem Hochwasser- und Hitzeatlas nun auch für alle frei zugänglich.

Mit dem Dürreatlas werden Infor-mationen zu Bodenfeuchte, Nieder-schlag, Wind, Pegelständen, Hitze etc. aus unterschiedlichen Institutionen zusammengeführt und zentral verfü-gbar gemacht. Die Nutzenden können mithilfe interaktiver Funktionen die Datensätze einzeln oder in Kombination analysieren.



09.12.2021

Bilder der Erde für die Bundesverwaltung

Das Bundesministerium des Innern und für Heimat hat Rahmenverträge mit kommerziellen Anbietern von Satellitenbilddaten geschlossen. Damit steht die Servicestelle Fern-erkundung im BKG ab Mitte 2022 für die gesamte Bundesverwaltung zur Verfügung. Dort können Bun-deseinrichtungen dann nach ihrem individuellen Bedarf Satellitenbilder anfordern. Zusätzlich bieten die Ex-perten umfangreiche Beratung an, wie man solche Bilder einsetzt und welches Potential in ihnen steckt.

Juli / July

August

September

Oktober / October

November

Dezember / December



BKG at the INTERGEO® in Hannover

The BKG presented itself again with a booth as well as virtually in a digital exhibition room. INTERGEO® is the leading trade fair for geodesy, geoinformation and land management and thus one of the most important platforms of the industry.

SKD Forum informs about geoinformation and remote sensing services for the federal administration

At the first SKD forum, interested employees of federal institutions learned about the services offered by the Satellite-Based Crisis and Spatial Information Service (SKD) at the BKG. The online event was primarily intended for future new users. They were able to experience the potential of geoinformation including remote sensing in a practical way by means of illustrative examples. The SKD staff explained theoretical background knowledge to the participants; they also explained how the SKD products are created and used.

BKG publishes interactive drought atlas

Following the flood and heat atlas, the digital drought atlas is now freely accessible to everyone. The Drought Atlas brings together information on soil moisture, pre-cipitation, wind, water levels, heat, etc. from different institutions and makes it available centrally. With the help of interactive functions, users can analyze the data sets individually or in combination.

Advisory map of heavy rain hazards

The BKG has published an interactive web map with hazard information on heavy rainfall for the area of North Rhine-Westphalia (NRW). The map is freely accessible in the geoportal of the federal and state governments: www.bkg.bund.de/starkregen-nrw. NRW is the first sub-region in the project “Hinweiskarte Starkregengefahren”. Further regions are to follow.



Images of the Earth for the Federal Administration

The Federal Ministry of the Interi-or and Community has concluded framework agreements with com-mercial providers of satellite image data. As a result, the Federal Service Point of Remote Sensing at the BKG will be available to the entire fed-eral administration from mid-2022. Federal institutions will then be able to request satellite images there ac-cording to their individual needs. In addition, the experts will offer com-prehensive advice on how to use such images and what potential they hold.

255-mal

wurden individuelle Produkte aus Geodaten und Satellitenbildern für Bundeseinrichtungen angefordert

255 times individual products from geodata and satellite images were requested for federal institutions

54

Points of Interest wie Schulen, Krankenhäuser etc. mit insgesamt

514.821

Objekten, davon ca. **120.000** neue Objekte

54 Points of Interest such as schools, hospitals, etc. with a total of

514,821 objects, including approx. 120,000 new objects

GNSS-Messkampagne:

GNSS measurement campaign:

Jeder der insgesamt **250** Grundnetzpunkte wurde mindestens 2 Mal besucht und für jeweils **24** Stunden mit GNSS beobachtet.

Each of the total 250 base network points was visited at least 2 times and observed with GNSS for 24 hours each.

In einem Laserpuls für die Satelliten-Entfernungsmessung steckt die Leistung von

20 Millionen LED-Lampen

One laser pulse for satellite distance measurement contains the power of 20 million LED lamps

Anzahl der Zugriffe auf Geo-Webdienste des BKG

Number of accesses to geo web services of the BKG

5.221.780.018

Das ist ein Anstieg im Vergleich zum Vorjahr von gut 54 Prozent.

This is an increase of a good 54 percent compared with the previous year.

8.524

im Dienstleistungszentrum des BKG bearbeitete Anfragen

8,524 Requests processed in the BKG service center

Das ist ein Anstieg im Vergleich zum Vorjahr von 28,8 Prozent.

This is an increase of 28,8 percent compared to the previous year.

247 GB

Speicherplatz der gesammelten Inputdaten zur Berechnung des neuen Internationalen Terrestrischen Referenzrahmens „ITRF2020“

Bezugssysteme werden zur eindeutigen Beschreibung von Ereignissen in Raum und Zeit benötigt.

Storage space of the collected input data for the calculation of the new International Terrestrial Reference Frame „ITRF2020“. Reference systems are needed for the unambiguous description of events in space and time.

651

Solarparks über 10 ha aktualisiert

(ATKIS-DLM250)

Solar parks over 10 ha updated

4.263.124

Downloads von VLBI-Daten- und Produktdateien,

davon **1.484.019** im Dezember

VLBI, Interferometrie mit sehr langen Basislinien (= Distanzen zwischen den einzelnen Teleskopen), ist eine Messmethode der Radioastronomie mit hoher räumlicher Auflösung und Positionsgenauigkeit.

4,263,124 Downloads of VLBI data and product files, thereof 1,484,019 in December

Very Long Baseline Interferometry (VLBI) is a method of radio astronomy for measurements with high spatial resolution and position accuracy.

4.498.467

Anzahl der Downloads vom IERS (Internationaler Dienst für Erdrotation und Referenzsysteme)-Server

4,498,467 Number of downloads from IERS (International Service for Earth Rotation and Reference Systems) server



Von der Küste bis zu den Alpen: GNSS-Messkampagne

Im Sommer war es soweit und der Startschuss fiel, Deutschland neu zu vermessen. Während einer sechswöchigen GNSS-Messkampagne (GNSS – Globales Navigations-Satellitensystem) waren Teams der einzelnen Landesvermessungsbehörden und des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG) in allen Teilen des Landes unterwegs – von den Alpen bis zur Küste. Ungewöhnlich für die Geodäten war das große Medieninteresse an ihren alltäglichen Arbeiten. Während und im Nachgang der Kampagne erschienen diverse Beiträge in gedruckter Form bis hin zum Podcast. Sie zeigten der Bevölkerung auf, wie wichtig es ist, Landschaften neu zu vermessen und schilderten, wie moderne Hilfsmittel hierbei unterstützen.



Interessierte Besucher bekommen fachkundige Auskunft.
Interested visitors will receive expert information.

Bei dem Begriff Neuvermessung könnte der interessierte Leser vermuten, dass jeder einzelne Grenzpunkt im Bundesgebiet von den Messtrupps besucht und mit neuen Koordinaten versehen wurde. Anstatt allerdings jeden einzelnen Punkt aufzusuchen, wurden besonders gut geeignete, über das Bundesgebiet verteilte Punkte mittels globaler Satelliten-Navigationssysteme hochpräzise vermessen. Diese bedeutenden Punkte werden als Geodätische Grundnetzpunkte (GGP) bezeichnet. Wie der Name bereits vermuten lässt, bilden diese Punkte die Grundlage für Vermessungen und geodätische Fragen in Deutschland. Um ihrer Aufgabe als Referenz gerecht zu werden, sind diese Punkte besonders stabil im Erdboden vermarktet und gesichert. Nur so ist gewährleistet, dass die Punkte über lange Zeit ihre Position behalten und andere Messungen an ihnen orientiert werden können.

Warum wurde Deutschland neu vermessen?

„Ist denn nicht schon alles vermessen?“ Seitdem Programme wie Google Earth existieren und es möglich ist, die eigene Position per GNSS-Empfänger im Smartphone metergenau zu bestimmen, sind Geodäten regelmäßig mit dieser oder ähnlichen Fragen konfrontiert. Tatsache ist, dass wir auf einem Planeten leben, der sich ständig verändert. So bewirkt die Plattentektonik, dass sich Europa von Nordamerika mit einer Geschwindigkeit von jährlich ungefähr vier Zentimetern entfernt. Erdbeben können in

From the coast to the Alps: GNSS measurement campaign

In the summer, the time had come and the starting signal was given to remeasure Germany. During a six-week GNSS (Global Navigation Satellite System) measurement campaign, teams from the individual state surveying offices and the Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG) were on the road in all parts of the country – from the Alps to the coast. Unusually for geodesists, there was a lot of media interest in their day-to-day work. During and in the aftermath of the campaign, various articles appeared in print and even podcasts. They showed the public how important it is to resurvey landscapes and described how modern tools support this. When hearing the term resurvey, the interested reader might assume that every single border point in the federal territory was visited by the survey teams and provided with new coordinates. However, instead of visiting every single point, particularly well-suited points distributed over the federal territory were surveyed with high precision using GNSS. These significant points are referred to as Geodetic Ground Points (GGP). As the name suggests, these points form the basis for surveying and geodetic issues in Germany. In order to fulfill their task as a reference, these points are marked and secured in the ground in a particularly stable manner. This is the only way to ensure that the points retain their position over a long period of time and that other measurements can be oriented to them.

Why has Germany been remeasured?

„Hasn't everything already been surveyed?“ Ever since programs such as Google Earth have existed and it has been possible to determine one's position to the meter using a GNSS receiver in a smartphone, geodesists have regularly been confronted with this or similar questions. The fact is that we live on a planet that is constantly changing. Plate tectonics, for example, causes Europe to move away from North America at a rate of about four centimeters per year. Earthquakes can cause movements of several meters in a fraction of a second, and global sea levels are rising as an effect of climate change. To address these scientific questions, measurements must be referenced to a common reference that is as accurate as possible. Only in this way can data from different sources be compared and allow reliable statements to be made about processes in the Earth system.

For questions of everyday life, however, a common reference is equally of great interest. Property owners want to know how large their property area is in the real estate cadastre and land register. Tunnels and bridges built from two sides should meet in the middle, and autonomously driving vehicles should move on and not next to the road as far as possible. But planning in coastal and flood protection also requires a reference to which all measurement

einem Bruchteil von Sekunden Bewegungen von mehreren Metern bewirken und der globale Meeresspiegel steigt als Auswirkung des Klimawandels. Um diese wissenschaftlichen Fragen bearbeiten zu können, müssen sich Messungen auf eine gemeinsame, möglichst genaue Referenz beziehen. Nur so sind Daten unterschiedlicher Herkunft vergleichbar und erlauben gesicherte Aussagen über Vorgänge im System Erde.

Bei Fragen des täglichen Lebens ist eine gemeinsame Referenz aber ebenso von großem Interesse. Grundstücksbesitzer möchten wissen, wie groß ihre Grundstücksfläche im Liegenschaftskataster und Grundbuch ist. Tunnel und Brücken, die von zwei Seiten gebaut werden, sollen sich in der Mitte treffen und autonom fahrende Fahrzeuge sich möglichst auf und nicht neben der Straße bewegen. Aber auch für Planungen im Küsten- und Hochwasserschutz ist eine Referenz notwendig, auf die sich alle Messdaten beziehen. Deutschland komplett neu zu vermessen ist tech-

Der Klimawandel, mit dem immer häufiger auftretenden Starkregen, schafft auch Probleme während der Messungen. Ein Kollege muss wieder einmal den unterirdischen, geodätischen Festpunkt vom eingelaufenen Wasser frei schaufeln.

nisch und logistisch sehr herausfordernd. Der aktuelle Raumbezug in Deutschland basiert auf einer vergleichbaren Messkampagne aus dem Jahr 2008. Der große zeitliche Abstand zur letzten Kampagne und der technische Fortschritt der letzten Jahre rechtfertigen jedoch den Aufwand, alles neu zu vermessen. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Referenz für Vermessungen in Deutschland auf dem aktuellen und bestmöglichen Stand ist und Mess-Ergebnisse vergleichbar bleiben.

Wie wurde Deutschland neu vermessen?

Die GNSS-Messkampagne 2021 ist ein gemeinsames Projekt der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV). Das BKG unterstützt dieses Vorhaben mit einem wesentlichen Beitrag. Wir waren und sind am gesamten Projektlauf beteiligt: planen, messen, Daten speichern,

data relate. Surveying Germany from scratch is technically and logistically very challenging. The current spatial reference in Germany is based on a comparable measurement campaign from 2008. However, the large time gap between this and the last campaign and the technical progress made in recent years justify the effort to resurvey everything. This is the only way to ensure that the reference for surveys in Germany is up to date and as good as possible and that measurement results remain comparable.

How was Germany remeasured?

The GNSS Measurement Campaign 2021 is a joint project of the Working Committee of the Surveying Authorities of the Laender of the Federal Republic of Germany (AdV). The BKG supports this project with a substantial contribution. We were and are involved in the entire project process: planning, measuring, data storage, evaluation and analysis. For the campaign, 35 measurement teams were deployed. The BKG was responsible for one team; the others were provided by the federal states. The field work

Climate change, with the increasingly frequent heavy rain, also creates problems during measurements. Once again, a colleague has to shovel the underground, geodetic fixed point free of the water that has run in.



auswerten und analysieren. Für die Kampagne waren 35 Messtrupps im Einsatz. Das BKG verantwortete einen Trupp; die anderen stellten die Bundesländer. Über sechs Wochen dauerten die Feldarbeiten an. Insgesamt waren drei Messzyklen zu je 12 Tagen nötig. Jeder der 250 GGP wurde während der Kampagne mindestens zweimal für jeweils 24 Stunden besetzt. Schichtarbeit an den Wochenenden und während der Nächte stand somit für alle Messtrupps auf dem Einsatzplan. Der Zeitplan war streng, denn eine der Bedingungen war, dass alle 35 Messtrupps die einzelnen Messungen zur gleichen Zeit starten und beenden. Nur so ist es möglich, Messdaten hochgenau auszuwerten. Aber welche Messdaten wurden überhaupt erfasst? Jedes Team war mit geodätischer GNSS-Ausrüstung ausgestattet: einem Empfänger und einer Antenne. Mithilfe dieser Geräte beobachteten die Teams die Satelliten des amerikanischen GPS, des europäischen Navigations-Satellitensystems GALILEO und des russischen GLONASS. Die Antennen wurden hierzu mit einem Stativ exakt über dem GGP aufgebaut. Der Höhenunterschied, also der vertikale Abstand zwischen Antenne und GGP, wurde mittels geometrischem Nivellement bestimmt. Nachdem die Messungen beendet waren, beliefen sich die stark komprimierten Beobachtungsdateien auf insgesamt 27 Gigabyte.

Die nächsten Schritte

Inzwischen gehen die Messteams wieder ihren alltäglichen Arbeiten nach und der Medienrummel um die Messkampagne hat sich gelegt. Im nächsten Schritt starten die Auswerte-Teams damit, das gesammelte Material zu sichten, um dem großen Datenberg nützliche Ergebnisse zu entlocken. Das BKG und das Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen sind die beiden Rechenstellen der Messkampagne, da sie über eine Expertise in der Auswertung großer GNSS-Netze verfügen. Mit wissenschaftlicher GNSS-Software werten sie die gemessenen geodätischen Grundnetzpunkte aus. Am Ende der Auswertung werden dann für alle Stationen Neuberechnete Koordinaten mit Millimeter-Genauigkeit (ca. der Durchmesser eines Senfkorns) vorliegen. Durch den Vergleich mit früheren Messungen wird auch überprüft, wie stabil das geodätische Netz ist. Auf diese Weise kann festgestellt werden, ob Abweichungen oder Bodenbewegungen an den 250 Bodenpunkten vorliegen. In weiteren Schritten werden zusätzliche Punkte ausgewertet; beispielsweise werden Punkte aus europäischen Nachbarstaaten ergänzt. Vor allem die Punkte des Satellitenpositionierungsdienstes der deutschen Landesvermessung tragen zu einem deutlich verdichteten Netz bei. Sie erhalten nach der Auswertung neue hochgenaue Koordinaten und können dann für den aktualisierten Raumbezug genutzt werden. Da es sich um eine wichtige Aufgabe handelt, die einen großen Nutzen für die Gesellschaft und die wissenschaftliche Gemeinschaft hat, sind für die gesamte Auswertung und abschließende Bewertung der Ergebnisse drei Jahre angesetzt. So ist sichergestellt, dass die Ergebnisse äußerst sorgfältig erbracht werden. Innerhalb dieser Zeit werden an beiden Rechenstellen Koordinaten und Genauigkeitsmaße generiert, miteinander verglichen und abschließend zum neuen Raumbezug für Deutschland zusammengefügt. Das BKG trägt mit diesem Projekt entscheidend dazu bei, unserem Land Orientierung zu geben.

Auch in den Zeiten der Digitalisierung ist der analoge Feldbuchrahmen, eine Grundlage für Zeichnungen, weiterhin ein wichtiges Arbeitsmittel für den Geodäten.

Even in the age of digitization, the analog field book frame, a basis for drawings, continues to be an important working tool for the geodesist.



lasted for more than six weeks. A total of three measurement cycles of 12 days each were necessary. Each of the 250 GGP was manned at least twice for 24 hours each during the campaign. Shift work on the weekends and during the nights was thus on the schedule for all measurement teams. The schedule was strict, because one of the conditions was that all 35 measurement teams start and finish the individual measurements at the same time. Only in this way it is possible to evaluate measurement data with high precision. But what measurement data were collected in the first place? Each team was equipped with GNSS geodetic equipment: a receiver and an antenna. With the help of this equipment, the teams observed the satellites of the American GPS, the European navigation satellite system GALILEO and the Russian GLONASS. For this purpose, the antennas were set up exactly above the GGP using a tripod. The height difference, i.e. the vertical distance between the antenna and the GGP, was determined using geometric leveling. After the measurements were completed, the highly compressed observation files totaled 27 gigabytes.

Next steps

In the meantime, the measurement teams have returned to their daily work and the media hype surrounding the measurement campaign has died down. In the next step, the evaluation teams will start sifting through the collected material in order to elicit useful results from the large mountain of data. The BKG and the State Surveying Office in Lower Saxony are the two computing centers of the measurement campaign, as they have expertise in the evaluation of large GNSS networks. Using scientific GNSS software, they evaluate the measured geodetic base network points. At the end of the evaluation, recalculated coordinates with millimeter accuracy (about the diameter of a mustard seed) will then be available for all stations. Comparison with previous measurements also verifies how stable the geodetic network is. In this way, it can be determined whether there are deviations or ground movements at the 250 ground points. In further steps, additional points are evaluated; for example, points from neighboring European countries are added. Above all, the points of satellite positioning service of the official German Surveying and Mapping contribute to a significantly condensed network. After evaluation, they receive new high-precision coordinates and can then be used for the updated spatial reference. Since this is an important task that has a great benefit for society and the scientific community, three years have been set aside for the entire



Um im Millimeterbereich GPS-Koordinaten zu ermitteln, muss das Stativ über der unterirdischen Vermarkung hochpräzise zentriert sein.

In order to determine GPS coordinates in the millimeter range, the tripod must be centered with high precision above the underground marker.

evaluation and final assessment of the results. This is to ensure that the results are produced with the utmost care. Within this time, coordinates and accuracy measures will be generated at both computing centers, compared with each other and finally combined to form the new spatial reference for Germany. With this project, the BKG is making a decisive contribution to providing our country with orientation.



Quelle: Ulia Kolyrina / stock.adobe.com

Das Wetter im Weltraum

Die Sonne und speziell die sie umgebende Korona, ein dünnes Gas, spielen eine bedeutende Rolle beim Weltraumwetter. Sie geben ständig Strahlung und geladene Teilchen ab. Dieser Teilchenstrom wird als Sonnenwind bezeichnet. Kommt es zu Sonnen-Eruptionen und koronalen Massenauswürfen können enorme Mengen an zusätzlicher Teilchenstrahlung in Richtung Erde geschleudert werden. Alle 11 bis 13 Jahre ist die Sonne maximal aktiv; das nächste Mal voraussichtlich um das Jahr 2025.

Aber auch in unserer Galaxie, der Milchstraße, entsteht pausenlos Strahlung. Sie besteht hauptsächlich aus geladenen Teilchen, die stark beschleunigt und mit hoher Energie auf die Erde treffen. Gemeinsam mit der Sonne beeinflusst diese Strahlung die Magnetosphäre, den Strahlenschutzschild unseres Planeten, und die Atmosphäre der Erde. Die Auswirkungen nennt man Weltraumwetter.

Der Sonnenwind kann einen Sonnensturm verursachen und in der oberen Atmosphäre Funk- und Navigationssysteme empfindlich stören. Zudem kann er Satelliten dauerhaft unbrauchbar machen und gefährdet die Gesundheit von Astronauten. Die Internationale Raumstation ISS verfügt deshalb über geschützte Bereiche, in denen Astronauten während starker Wetter-Ereignisse Zuflucht suchen können. Das Leben auf der Erde wird glücklicherweise durch das irdische Magnetfeld und die Atmosphäre geschützt. Starke Wetter-Ereignisse im Weltraum können allerdings nicht immer vollständig vom Magnetfeld der Erde abgehalten werden. In manchen Fällen können sie erheblichen

Schaden anrichten. Sie können die Satellitenkommunikation und den Bahnverkehr stören, Hochspannungsnetze destabilisieren und Stromausfälle verursachen.

Der bisher heftigste, dokumentierte Vorfall dieser Art war das Carrington-Ereignis, ein Sonnensturm im Jahr 1859. Dabei waren Polarlichter bis zum nördlichen Wendekreis – unter anderem in Havanna und auf Hawaii – zu sehen, die normalerweise nur in der Nähe von Nord- und Südpol auftreten. Polarlichter entstehen, wenn elektrisch geladene Teilchen des Sonnenwinds aus der Magnetosphäre auf die oberen Schichten der Erdatmosphäre treffen. Unsere moderne vernetzte Welt ist wesentlich störanfälliger als die Welt damals. Heute wäre bei einem solchen Ereignis mit erheblichen wirtschaftlichen Schäden zu rechnen. Beobachtungsdaten aus Raumsonden der NASA zeigen übrigens, dass die Erde im Juli 2012 einem Sonnensturm der Stärke von 1859 nur knapp entgangen ist.

Das Geodätische Observatorium Wettzell (GOW) trägt künftig dazu bei, das Weltraumwetter besser zu verstehen, Vorhersagen präziser zu treffen und damit langfristig technische Infrastruktur zu schützen. Mit diesem Ziel erweitern wir das GOW zu einer Referenzstation, von der aus das Weltraumwetter beobachtet werden kann. Hierfür haben wir eigens das Sonnenbeobachtungsteleskop SFX1 am Observatorium konzipiert und aufgebaut. Dieses Instrument kann wetterunabhängig und im Dauerbetrieb von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang die Aktivität der Sonne messen.

The weather in space

The Sun and specifically its surrounding corona, a thin gas, play a significant role in space weather. They constantly emit radiation and charged particles. This particle stream is called the solar wind. When solar eruptions and coronal mass ejections occur, enormous amounts of additional particle radiation can be hurled toward Earth. Every 11 to 13 years the sun is maximally active; the next time probably around the year 2025.

But also in our galaxy, the Milky Way, radiation is produced continuously. It consists mainly of charged particles, which are strongly accelerated and hit the earth with high energy. Together with the sun, this radiation influences the magnetosphere, the radiation shield of our planet, and the atmosphere of the earth. The effects are called space weather.

The solar wind can cause a solar storm and severely disrupt radio and navigation systems in the upper atmosphere. It can also permanently disable satellites and endanger the health of astronauts. The International Space Station (ISS) therefore has protected areas where astronauts can seek refuge during severe weather events. Fortunately, life on Earth is protected by the Earth's magnetic field and atmosphere. However, strong weather events in space cannot always be completely blocked by the Earth's magnetic field. In some cases, they can cause significant damage. They can disrupt satellite communications and rail traffic, destabilize high-voltage grids and cause power outages.

The most violent documented event of this kind to date was the Carrington event, a solar storm in 1859 that produced auroras as far north as the Tropic of Capricorn – including in Havana and Hawaii – that normally occur only in the vicinity of the North and South pole. Auroras occur when electrically charged particles of the solar wind from the magnetosphere strike the upper layers of the Earth's atmosphere.



Am Geodätischen Observatorium Wettzell wird mit dem Sonnenteleskop SFX1 das Weltraumwetter beobachtet. At the Geodetic Observatory Wettzell, the solar telescope SFX1 is used to observe space weather.

Zusätzlich kann das SFX1 Eruptionen der Sonne in nahezu Echtzeit feststellen. Zeitlich verzögert können solche Ereignisse unter anderem das Magnetfeld der Erde beeinflussen und in extremen Fällen beispielsweise unser Stromnetz beschädigen. Daher werden in der Umgebung des Observatoriums Magnetometer installiert. Sie zeigen Schwankungen des Erdmagnetfeldes an. Diese können dann mit vorangegangenen Sonnen-Eruptionen in Verbindung gesetzt werden. Zusätzlich betreiben wir spezielle Empfänger, die über Störungen in der Satellitenkommunikation und -navigation in Echtzeit informieren.

Beim Weltraumwetter arbeiten wir insbesondere mit dem Weltraumlagezentrum in Uedem zusammen. Eine weitere sehr fruchtbare Kooperation besteht mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Neustrelitz. Es verwendet Beobachtungsdaten, um das Weltraumwetter und dessen Auswirkungen zu erforschen und vorherzusagen.

Weltraumwetter beeinträchtigt regelmäßig Schlüsseltechnologien, wie Satellitenkommunikation und -navigation und kann unter anderem Schäden durch Sonnenstürme hervorrufen. Vorfälle der Stärke des Carrington-Ereignisses sind eher selten. Jedoch zeigt die jüngere Vergangenheit, dass bereits weitaus ruhigeres Weltraumwetter beträchtliche wirtschaftliche Schäden in unserer dicht vernetzten Welt verursachen kann. Als Beispiel ist der kürzliche Absturz einiger SpaceX-Satelliten zu nennen. Eine entsprechende technische Infrastruktur aufzubauen, mit welcher sich das Weltraumwetter genau beobachten lässt, ist daher eine äußerst sinnvolle Investition in unsere Zukunft.

Sonne und Erde

Die Sonne ist alle 11 bis 13 Jahre maximal aktiv. Zwischen dem Weltraumwetter, für welches maßgeblich die Sonne verantwortlich ist, und dem irdischen Klima können Wissenschaftler einen Zusammenhang beobachten. Ist die Sonne nur schwach aktiv, sinken bei uns auf der Erde die Temperaturen. Der tatsächliche Einfluss der Sonnenaktivität ist aber vermutlich schwach. Ist die Sonne sehr aktiv, erhöht sich die mittlere Erdtemperatur schätzungsweise um 0,1 Grad Celsius. Dieser Zusammenhang reicht also bei Weitem nicht aus, um die aktuelle Erderwärmung zu erklären.

Sun and earth

The sun is maximally active every 11 to 13 years. Scientists can observe a connection between space weather, for which the sun is largely responsible, and the earthly climate. If the sun is only weakly active, the temperatures sink with us on earth. However, the actual influence of solar activity is probably weak. If the sun is very active, the average earth temperature increases by an estimated 0.1 degrees Celsius. This correlation is therefore far from sufficient to explain the current global warming.

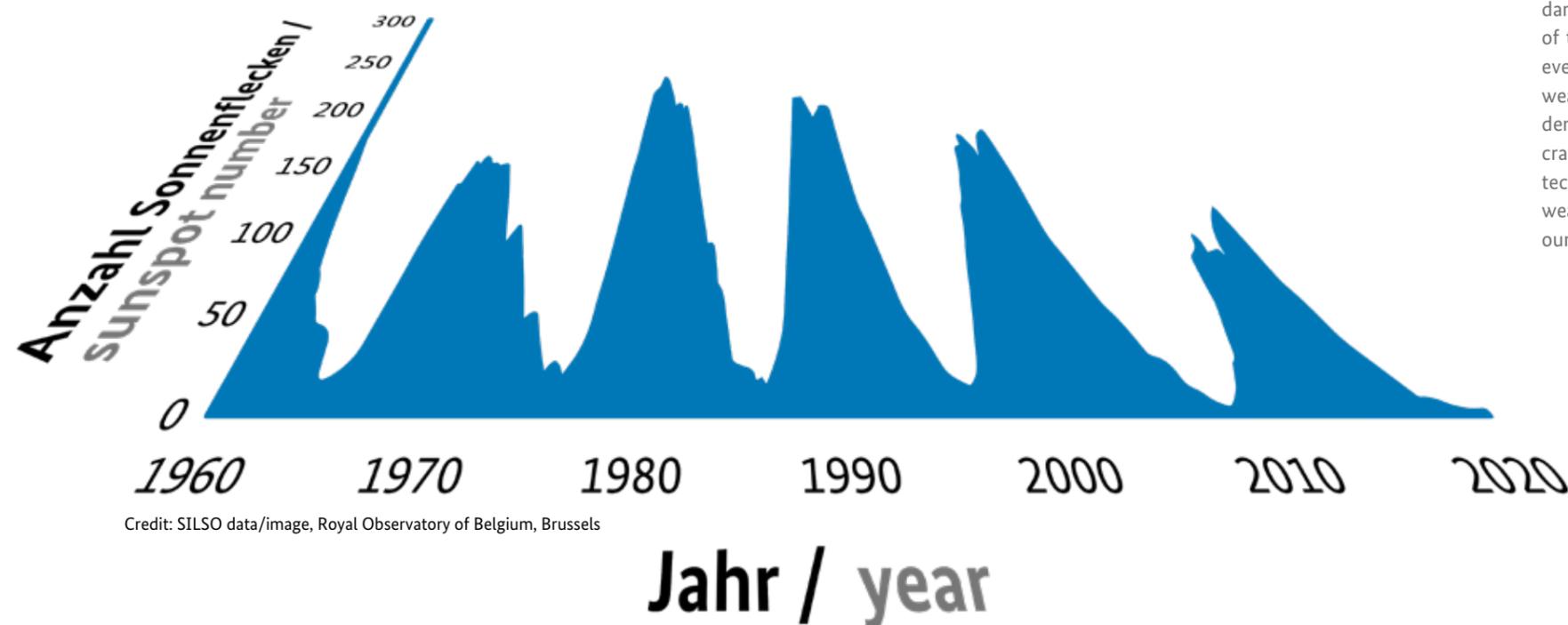
Our modern interconnected world is much more susceptible to interference than the world was back then. Today, such an event would be expected to cause considerable economic damage. Observational data from NASA space probes, by the way, show that in July 2012, the Earth narrowly escaped a solar storm of the magnitude of 1859.

In the future, the Geodetic Observatory Wettzell (GOW) will contribute to a better understanding of space weather, to more precise forecasts and thus to the long-term protection of technical infrastructure. With this goal in mind, we are expanding the GOW into a reference station from which space weather can be observed. For this purpose, we have designed and built the SFX1 solar observation telescope specifically at the observatory. This instrument can measure the activity of the sun from sunrise to sunset, independent of weather conditions and in continuous operation.

In addition, the SFX1 can detect solar eruptions in near real time. Time-delayed, such events can, among other things, influence the Earth's magnetic field and, in extreme cases, damage our power grid, for example. Therefore, magnetometers are installed in the vicinity of the observatory. They show fluctuations of the Earth's magnetic field and these can be related to previous solar eruptions. In addition, we operate special receivers that provide real-time information about disturbances in satellite communication and navigation.

For space weather, we cooperate in particular with the Space Situation Center in Uedem. Another very fruitful cooperation is with the German Aerospace Center in Neustrelitz. It uses observational data to research and predict space weather and its effects.

Space weather regularly affects key technologies, such as satellite communications and navigation, and can cause damage from solar storms, among other things. Incidents of the magnitude of the Carrington event are rare. However, recent history shows that even far calmer space weather can cause significant economic damage in our densely interconnected world. One example is the recent crash of several SpaceX satellites. Building an appropriate technical infrastructure that can accurately monitor the weather is therefore an extremely sensible investment in our future.



Credit: SILSO data/image, Royal Observatory of Belgium, Brussels



Meeresspiegel in Nord- und Ostsee beobachten

Der globale Klimawandel wirkt sich vielfältig auf unsere Gesellschaft aus und stellt die Menschheit im 21. Jahrhundert vor gewaltige Herausforderungen. Temperaturen steigen, Gletscher und Eiskappen schmelzen, der Meeresspiegel steigt, Dürren, Unwetter und Überschwemmungen häufen sich. Doch welche Rolle spielt das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie bei diesen Themen, die auch politisch brisant sind?

Zu unseren zentralen Aufgaben gehört es, Höhen und ihre Änderungen zu bestimmen sowie Referenzsysteme für Höhe und Schwere abzuleiten und anzubieten. Sie sind die Grundlage, um vermessen, planen und monitoren zu können. Diese Aufgabe schließt auch die deutschen Hoheitsgewässer in Nord- und Ostsee ein. Durch den globalen Klimawandel sind hier langfristige Meeresspiegeländerungen von einigen Millimetern pro Jahr zu erwarten. Um dies zu messen, werden präzise Verfahren benötigt, wie die Pegelmessung oder das satellitengestützte Messen der Meereshöhe, die Satellitenaltimetrie. Aber auch qualitativ hochwertige und zuverlässige Höhenreferenzsysteme sind notwendig, denn auf sie beziehen sich die Messungen letztendlich. Sie sind u. a. entscheidend, um die Satellitenbahnen präzise bestimmen zu können.

Der Meeresspiegel ist eine wichtige Bezugsfläche in der Geodäsie, der Vermessung der Welt. Alle unsere Höhenangaben in Deutschland beziehen sich auf den Meeresspiegel. Sie werden als Höhen über Normalhöhennull bezeichnet. Dieses Nullniveau der Höhen in Deutschland wurde bereits im 19. Jahrhundert vom Pegel in Amsterdam abgeleitet. Damit Höhen überall in Deutschland mit modernen satellitengestützten Vermessungsverfahren bestimmt werden können, berechnen wir am BKG ein Modell der amtlichen Höhenbezugsfläche, das AdV¹-Quasigeoidmodell. Durch die stetig wachsende Bedeutung der Meere und Küsten, beispielsweise als Handelswege oder für Offshore-Windenergie, ist auch der Bedarf an zuverlässigen Höheninformationen für diese Gebiete gestiegen. Ein Ziel des BKG ist es deshalb, die geodätische Infrastruktur der Meere und Küsten zu stärken. Dies geschieht, indem bessere Modelle der amtlichen Höhenbezugsfläche sowie der mittleren Meereshöhen und ihrer zeitlichen Veränderungen angeboten werden. Zu diesem Zweck vermessen wir seit ca. zehn Jahren gemeinsam mit dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie und dem Deutschen Geoforschungszentrum die Nord- und Ostsee.

¹ Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Observing sea level in North Sea and Baltic Sea

Global climate change affects our society in many ways and poses enormous challenges for mankind in the 21st century. Temperatures are rising, glaciers and ice caps are melting, sea levels are rising, droughts, storms and floods are becoming more frequent. But what role does the Federal Agency for Cartography and Geodesy play in these issues, which are also politically explosive?

One of our central tasks is to determine heights and their changes as well as to derive and offer reference systems for height and gravity. They are the basis for surveying, planning and monitoring. This task also includes the German territorial waters in the North and Baltic Seas. Due to global climate change, long-term sea level changes of several millimeters per year are to be expected here. In order to measure this, precise measurement methods are needed, such as tide gauge or satellite-based measurements of sea level, satellite altimetry. But high-quality and reliable altitude reference systems are also necessary, because the measurements ultimately relate to them. Among other things, they are crucial for precisely determining satellite orbits.

The sea level is an important reference surface in geodesy, the measurement of the world. All of our elevations in Germany refer to sea level. They are referred to as heights above sea level. This zero level of heights in Germany was already derived from the tide gauge in Amsterdam in the 19th century. So that heights can be determined everywhere in Germany using modern satellite-based surveying methods, we at the BKG calculate a model of the official height reference area, the AdV¹ quasigeoid model. Due to the steadily growing importance of the seas and coasts, for example as trade routes or for offshore wind energy, the need for reliable height information for these areas has also increased. One goal of the BKG is therefore to strengthen the geodetic infrastructure of the seas and coasts. This is done by offering better models of the official elevation reference area as well as the mean sea heights and their temporal changes. To this end, we have been surveying the North Sea and Baltic Sea together with the Federal Maritime and Hydrographic Agency and the German Research Centre for Geosciences for about ten years.

¹ Working Committee of the Surveying Authorities of the Laender of the Federal Republic of Germany

Wie ändert sich der Meeresspiegel?

Der globale Meeresspiegel ist laut Weltklimarat im langfristigen Mittelwert seit 1901 um 1,7 Millimeter pro Jahr gestiegen. In den letzten Jahrzehnten hat sich diese Rate deutlich beschleunigt. Seit 1993 beträgt sie jährlich 3,3 Millimeter. Zu diesem Anstieg kommt es, weil das Eis in den Gebirgs- und Polregionen abschmilzt und sich das Wasser im Ozean thermisch ausdehnt. Dieses Wasser verteilt sich aber nicht gleichmäßig über die Weltmeere. Die schmelzenden Polkappen verändern das Schwerfeld der Erde. Die Masse der Eisschilde nimmt ab; ebenso die Erdanziehungskraft in ihrer unmittelbaren Umgebung. Dies hat zur Folge, dass der Meeresspiegel im Umfeld der Eisschilde sinkt, während er auf dem übrigen Globus umso schneller steigt. Darüber hinaus können beispielsweise auch langfristige Veränderungen von Ozeanströmungen, Luftdruck- oder Windverhältnissen regionale Unterschiede in der Rate dieses Anstieges bewirken.

Neben dem Anstieg des Meeresspiegels beeinflussen in bestimmten Gebieten auch Höhenänderungen des Festlandes das Leben der Menschen. Ein Beispiel dafür ist die postglaziale Landhebung in Skandinavien. Auf der Region lastete während der letzten Eiszeit ein mächtiger Eispanzer. Selbst heute, mehr als 10.000 Jahre nachdem sich das Eis zurückgezogen hat, hebt sich diese Region noch immer um bis zu zehn Millimeter jährlich. Relativ zum Festland gesehen, können wir daher an den Küsten von Norwegen, Schweden und Finnland einen fallenden Meeresspiegel beobachten. Andere Prozesse, wie eine verstärkte Grundwasserentnahme oder die Förderung von Öl und Erdgas, können dagegen dazu führen, dass sich das Land absenkt und der Meeresspiegel dadurch relativ betrachtet noch schneller ansteigt.

Relevant für den Schutz der Küsten ist es daher, Höhenänderungen des Meeresspiegels und der Küsten gemeinsam zu betrachten und konsistent auszuwerten. Damit liefern wir am BKG die Grundlage, um zugrundeliegende Prozesse besser verstehen und zukünftige Änderungen verlässlich vorhersagen zu können.

Messverfahren des Meeresspiegels

An Pegelstationen wird auch hierzulande bereits seit über 150 Jahren aufgezeichnet, wie sich der Meeresspiegel verändert. Diese Messungen beziehen sich auf lokal festgelegte Pegelnullpunkte. Sie zeigen damit direkt relative Höhenänderungen zwischen Land und Meer an den jeweiligen Standorten an. Um die Höhenstabilität der Pegelnullpunkte zu gewährleisten, müssen regelmäßige Kontrollmessungen durchgeführt werden.

Die Satellitentechnik hat diesen Beobachtungen eine weitere Dimension hinzugefügt und so unser Bild des Meeresspiegels und seiner Veränderungen revolutioniert. Seit 1992 beobachtet die Satellitenaltimetrie global flächendeckend und kontinuierlich die Höhe des Meeresspiegels fast zentimetergenau. Der Satellit misst dabei permanent seine Höhe über dem Meeresspiegel von rund 1.300 km. Entlang seiner Bahn wiederholt er diese Messungen alle zehn Tage. Zusammen mit der präzise bestimmten Satellitenbahn können wir daraus die Meeresspiegelhöhe berechnen. Um aus den Ergebnissen der verschiedenen Altimetersatelliten eine konsistente Zeitreihe abzuleiten, ist ein einheitliches geodätisches Referenzsystem notwendig. Die Höhenmessungen im offenen Ozean sind zentimetergenau, doch gerade in den besonders interessanten Küstengebieten wird die Auswertung zusätzlich erschwert. Die Radarmessungen der Altimeter werden auf einem Gebiet von etwa 20 Kilometern von der Erdoberfläche reflektiert. Sobald sich der Satellit der Küste nähert, wird das Messsystem durch höhergelegene Objekte an Land gestört und die Messung immer unzuverlässiger. Altimetermessungen an den Küsten müssen darum mit besonders robusten Algorithmen ausgewertet werden, die trotz dieser Störungen noch verlässliche Höhenmessungen liefern.

Pegelstationen und Altimetersatelliten tragen mit ihren Messungen auf unterschiedliche Weise zur Beobachtung des Meeresspiegels bei. Ihre Messungen ergänzen sich ausgezeichnet in ihrer räumlichen Abdeckung und ihrer zeitlichen Auflösung. Für eine Kombination ist auch hier ein einheitlicher Höhenbezug unerlässlich. Nur so können beide Messverfahren ein genaueres Bild der räumlichen und zeitlichen Änderungen des Meeresspiegels liefern.

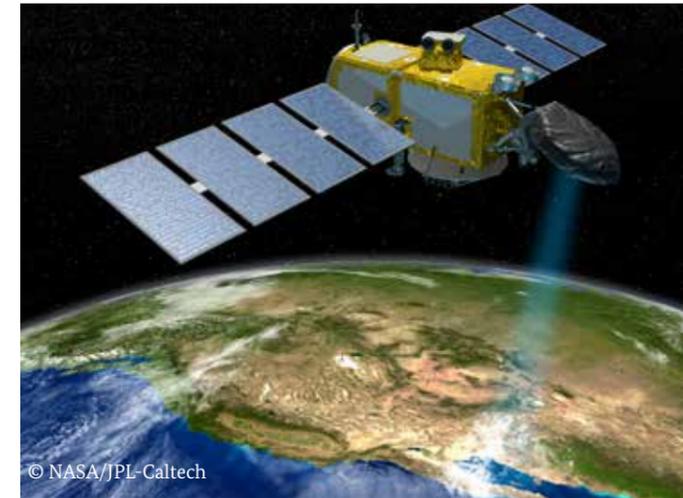
How is sea level changing?

According to the Intergovernmental Panel on Climate Change, global sea level has risen at a long-term average rate of 1.7 millimeters per year since 1901. In recent decades, this rate has accelerated significantly. For the period since 1993, it has been 3.3 millimeters per year. This increase occurs because the ice in the mountain and polar regions is melting and the water in the ocean is thermally expanding. However, this water is not evenly distributed across the world's oceans. The melting polar ice caps are changing the Earth's gravitational field. The mass of the ice sheets decreases; so does the Earth's gravitational pull in their immediate vicinity. As a result, the sea level in the vicinity of the ice sheets is falling, while it is rising even faster on the rest of the globe. In addition, long-term changes in ocean currents, atmospheric pressure or wind conditions, for example, can also cause regional differences in the rate of this rise.

In addition to the rise in sea level, changes in the elevation of the mainland also affect the lives of the people. An example of this is the postglacial land uplift in Scandinavia. A massive ice sheet weighed down on the region during the last ice age. Even today, more than 10,000 years after the ice retreated, this region is still uplifting by up to ten millimeters per year. Relative to the land, we can therefore observe falling sea levels along the coasts of Norway, Sweden and Finland. In contrast, other processes, such as increased groundwater extraction or the exploitation of oil and natural gas, can cause the land to sink, causing sea levels to rise even faster in relative terms. It is therefore relevant for the protection of the coasts to consider and consistently evaluate elevation changes of sea level and coasts together. In this way, we at the BKG provide the basis for a better understanding of the underlying processes and thus for reliable forecasts of future changes.

Measuring the sea level

For more than 150 years, tide gauge stations in this country have been recording changes in sea level. These measurements refer to locally determined tide gauge datums. They thus directly indicate relative changes in height between land and sea at the respective locations. To ensure the height stability of the tide gauge datums, regular control measurements must be made. Satellite technology has added another dimension to



Der Altimetersatellit Jason-3 liefert präzise Messungen der globalen Meeresspiegelhöhen.

The Jason-3 altimeter satellite provides precise measurements of global sea level heights.

these observations, revolutionizing our picture of sea level and its changes. Since 1992, satellite altimetry has been continuously observing the height of the sea level globally with almost centimeter precision. The satellite permanently measures its height above sea level of about 1,300 km. Along its orbit, it repeats these measurements every ten days. Together with the precisely determined satellite orbit, this allows us to calculate the sea level height. In order to derive a consistent time series from the results of the various altimeter satellites, a uniform geodetic reference system is necessary. Altimeter measurements in the open ocean are accurate to the centimeter, but in coastal areas of particular interest, evaluation is further complicated. The altimeter radar measurements are reflected from the earth's surface over an area of about 20 kilometers. As soon as the satellite approaches the coast, the measurement system is disturbed by higher objects on land and the measurement becomes increasingly unreliable. Altimeter measurements on the coasts must therefore be evaluated with particularly robust algorithms that still provide reliable height measurements despite this interference. Tide gauge stations and altimeter satellites contribute to the observation of sea level with their measurements in different ways. Their measurements complement each other excellently in their spatial coverage and temporal resolution. For a combination, however, a uniform height reference must also be established. Only then both measurement methods can provide a more accurate picture of the spatial and temporal changes in sea level.

Messverfahren von Höhenänderungen an Land

Auch die Höhenänderungen des Festlandes sind bedeutend dafür, wie sich der globale Meeresspiegelanstieg auswirkt. Sie lassen sich ebenfalls mit geodätischen Messverfahren bestimmen. In landesweiten Messkampagnen der AdV wurden in den letzten Jahrzehnten die geodätischen Höhenetze wiederholt beobachtet. Im Vergleich der Ergebnisse verschiedener Mess-Epochen können so auch Landhebungen und -senkungen bestimmt werden. Daneben betreiben Bund und Länder seit den 1990er Jahren ein Netz von Referenzstationen, um Koordinaten mit GNSS (Globales Navigations-Satellitensystem) hochgenau bestimmen zu können. Neben den Koordinaten liefern diese Stationen gleichzeitig auch Messungen der Höhenänderungen an ihren Standorten. Bildgebende Radarsatelliten können darüber hinaus dazu genutzt werden, diese Informationen räumlich noch zu verdichten. Auch landseitig erhalten wir durch die Kombination dieser unterschiedlichen Messverfahren ein detailliertes Bild der Veränderungen.

Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile

Einzelne Messverfahren wie die Satellitenaltimetrie liefern wichtige Informationen über bestimmte Höhenänderungen. Daraus abgeleitete Produkte und Indikatoren werden beispielsweise über Dienste wie den „Copernicus Marine Service“ angeboten. Der Service der Europäischen Union stellt kostenfreie Informationen zum Zustand der Meere bereit – weltweit und auch regional. Darauf aufbauend zielt der Arbeitsschwerpunkt „Höhenmonitoring im Küstenbereich“ am BKG darauf ab, solche Produkte zu verbessern und zu erweitern. Durch den Fokus auf die Gebiete der Nord- und Ostsee können optimierte Modelle und Auswertansätze eingesetzt oder entwickelt werden, die die Ergebnisse der einzelnen Messverfahren noch präziser machen. Zudem ergänzen sich die unterschiedlichen Messverfahren. Die kombinierten land- und meerseitigen Messungen und der vereinheitlichte Raumbezug der Systeme schaffen neue Produkte. Sie übertreffen in ihrer Auflösung und Abdeckung die Ergebnisse einzelner Messverfahren deutlich. Diese Produkte sind für Wissenschaftler, Küstenschützer und die Offshore-Industrie gleichermaßen interessant.

Measurement methods of elevation changes on land

The changes in elevation of the coasts are also significant for the effect of global sea level rise. They can also be determined using geodetic measurement methods. In nationwide measurement campaigns of the AdV, the geodetic height networks have been repeatedly observed in the last decades. By comparing the results of different measurement epochs, land uplift and subsidence can be determined. In addition, the federal and state governments have been operating a network of reference stations for high-precision coordinate determination with GNSS (Global Navigation Satellite System) since the 1990s. In addition to coordinates, these stations simultaneously provide measurements of elevation changes at their locations. Imaging radar satellites can also be used to further densify this information spatially. On land, too, the combination of these different measurement methods provides us with a detailed picture of the changes.

The whole is more than the sum of its parts

Individual measurement techniques such as satellite altimetry provide important information about specific changes in altitude. Products and indicators derived from this are offered, for example, via services such as the “Copernicus Marine Service”. The service of the European Union provides free information on the state of the seas – worldwide and also regionally. Building on this, the work focus “Height Monitoring in Coastal Areas” at the BKG aims to improve and expand such products. By focusing on the areas of the North Sea and the Baltic Sea, optimized models and evaluation approaches can be used or developed, which make the results of the individual measurement methods even more precise. In addition, the different measurement methods complement each other. The combined land- and sea-based measurements and the unified spatial reference of the systems create new products. In terms of resolution and coverage, they clearly surpass the results of individual measurement methods. These products are of interest to scientists, coastal protectionists and the offshore industry alike.





Digitaler Zwilling Deutschland: Analyse und Simulation in 3D

Viele umweltrelevante und gesellschaftliche Fragen lassen sich nur bearbeiten, wenn eine Fülle an räumlich und zeitlich hoch aufgelösten Informationen berücksichtigt wird. Auch die daraus resultierenden Ergebnisse gilt es zeitlich und räumlich differenziert zu betrachten. Die Fragen beschäftigen sich beispielsweise damit, bauliche Gegebenheiten an die Auswirkungen des Klimawandels anzupassen, Verkehrsströme in unterschiedlichen Bevölkerungsentwicklungs-Szenarien zu simulieren oder den Heimatschutz und die Nationale Territoriale Verteidigung zu planen, vorzubereiten und zu gewährleisten.

Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie baut in den kommenden Jahren einen digitalen Zwilling von Deutschland auf. Damit lassen sich zukünftig verschiedene Szenarien durchspielen und Handlungsalternativen entwickeln.

Ein digitaler Zwilling ist eine Spiegelwelt der realen Welt in einer digitalen Welt. Dafür wird die reale Welt mit Sensoren aus dem Weltall, aus der Luft und von der Straße präzise und effizient erfasst. Ein digitaler Zwilling enthält demnach alle grundlegenden Geo-Objekte – vom Baum über die Verkehrsampel bis zum Hochhaus. Er dient damit als Grundlage für Simulationen in Umwelt, Sicherheit, Verkehr, Raumplanung und vielen weiteren Bereichen. Somit lässt sich in der digitalen Welt darstellen, welche Auswirkungen unterschiedliche Entscheidungen auf die

reale Welt haben. Optimale Lösungen können so erarbeitet werden, um das Leben in Deutschland auch in Zukunft sicher und lebenswert zu gestalten.

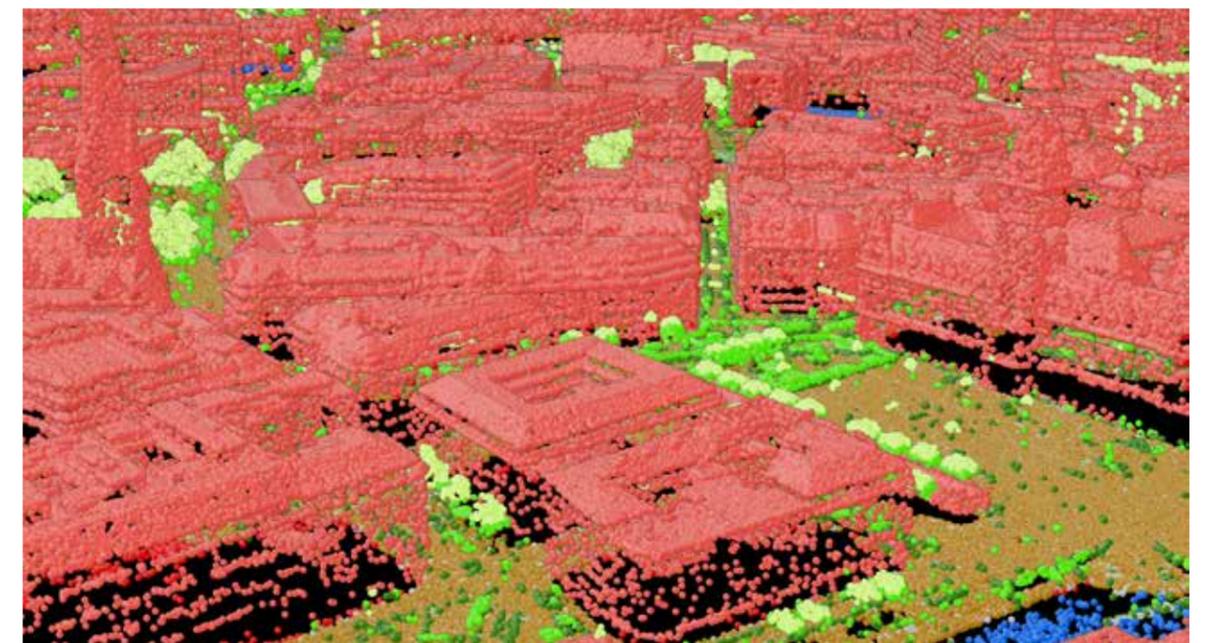
Die bundesweit ganzheitliche Analyse- und Simulationsinfrastruktur des digitalen Zwilling Deutschland macht es möglich, die verschiedenen Daten und Informationen zu verknüpfen und zu verarbeiten. Erprobt hat das BKG diese neue Technologie in einem Demonstrationsprojekt gemeinsam mit dem Landesbetrieb für Geoinformation und Vermessung der Freien und Hansestadt Hamburg sowie der Metropolregion Hamburg. Hier erfassten die Messflugzeuge zunächst ca. 8.500 km² Fläche dreidimensional hochaufgelöst, mit einer Bodenauflösung von mindestens 30 Zentimetern. Außerdem erprobten die Projektpartner den Umgang und die Verarbeitung der Datenmengen anhand exemplarischer Anwendungsfälle, wie z. B. der Hitzebelastung in der Stadt.

Ziel ist jedoch ein digitaler Zwilling für ganz Deutschland. Der Aufbau beginnt im Jahr 2022, wenn das Demonstrationsprojekt erfolgreich abgeschlossen ist. Ein erster bundesweiter 3D-Datensatz, analog zum Demonstrationsprojekt, ist für das Jahr 2024 anvisiert.

Digital Twin Germany: Analysis and Simulation in 3D

Many environmental and societal issues can only be addressed if a wealth of spatially and temporally highly resolved information is taken into account. The resulting results must also be considered in a temporally and spatially differentiated manner. The questions deal, for example, with adapting structural conditions to the effects of climate change, simulating traffic flows in different popula-

tion development scenarios, or planning, preparing and ensuring homeland security and national territorial defense. The Federal Agency for Cartography and Geodesy is building a digital twin of Germany in the coming years. This will allow various scenarios to be run through in the future and alternative courses of action to be developed.



Zu sehen ist die eingefärbte klassifizierte Punktwolke: Rot sind Gebäude, Grün ist Vegetation, Braun ist Boden und Blau sind Wasserpunkte.
You can see the colored classified point cloud: red are buildings, green is vegetation, brown is soil and blue are water points.

Digitaler Zwilling

Ein digitaler Zwilling (engl. digital twin) ist ein digitales Abbild eines materiellen oder immateriellen Objekts oder Prozesses aus der realen Welt. Digitale Zwillinge ermöglichen einen übergreifenden Austausch von Daten. Sie sind mehr als reine Daten und bestehen aus Modellen des repräsentierten Objekts oder Prozesses. Zudem können digitale Zwillinge Simulationen, Algorithmen und Services enthalten. Durch deren Eigenschaften oder Verhalten kann das repräsentierte Objekt oder der Prozess beschrieben, beeinflusst, oder Dienste darüber angeboten werden.

Schrägansicht auf eine eingefärbte Punktwolke, die mithilfe zeitgleich aufgenommener Luftbilder entstand.
Oblique view of a colored point cloud created with the help of simultaneously acquired aerial photographs.

A digital twin is a mirror world of the real world in a digital world. To achieve this, the real world is precisely and efficiently captured with sensors from space, from the air and from the road. A digital twin thus contains all basic geo-objects – from trees to traffic lights to skyscrapers. It thus serves as the basis for simulations in environment, safety, traffic, spatial planning and many other areas. In this way, it is possible to show in the digital world what effects different decisions have on the real world. Optimal solutions can thus be developed to ensure that life in Germany remains safe and worth living in the future.

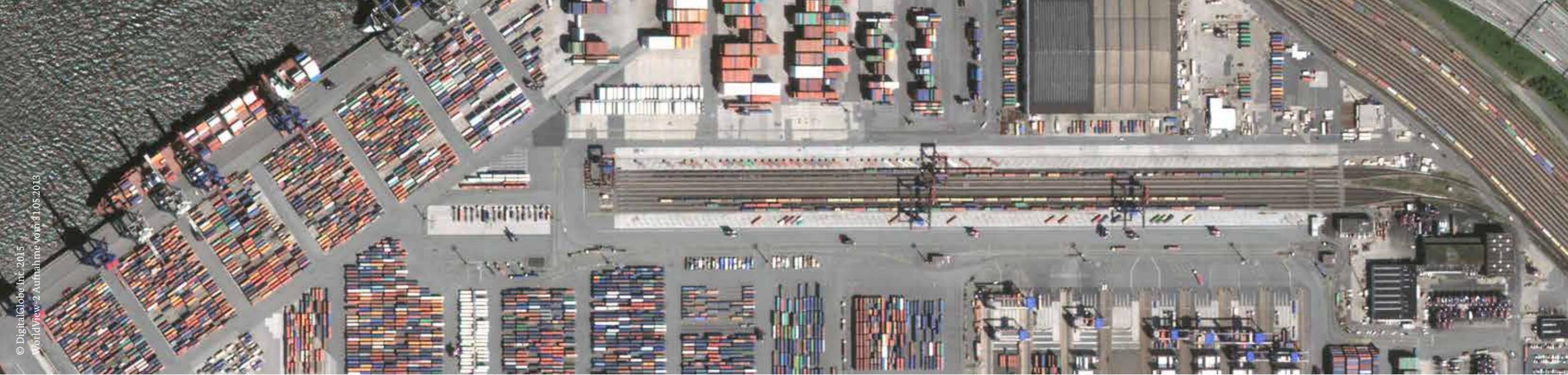
The nationwide holistic analysis and simulation infrastructure of the digital twin Germany makes it possible to link and process the various data and information. The BKG tested this new technology in a demonstration project together with the State Office for Geoinformation and Surveying of the Free and Hanseatic City of Hamburg and the Hamburg metropolitan region. Here, the

measuring aircraft initially recorded approx. 8,500 km² of area in three-dimensional high-resolution, with a ground resolution of at least 30 centimeters. In addition, the project partners tested the handling and processing of the data volumes using exemplary use cases, such as heat stress in the city.

The goal, however, is a digital twin for all of Germany. Construction will begin in 2022, once the demonstration project has been successfully completed. A first nationwide 3D data set, analogous to the demonstration project, is targeted for 2024.

Digital twin

A digital twin is a digital image of a tangible or intangible object or process from the real world. Digital twins enable an overlapping exchange of data. They are more than just data and consist of models of the represented object or process. In addition, digital twins can contain simulations, algorithms and services. Their properties or behavior can be used to describe or influence the represented object or process or to offer services.



© DigitalGlobe Inc. 2015
WorldView-2 Aufnahme vom 31.05.2013

Satellitenbilddaten für Bundeseinrichtungen

Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie ist der zentrale Anbieter von Dienstleistungen in der Geoinformation für Einrichtungen des Bundes. Nun setzen wir zukunftsweisend einen weiteren Schwerpunkt in der Fernerkundung. Immer häufiger stattfindende Satellitenmissionen erlauben es heutzutage, die Erdoberfläche in sehr hohem Detailgrad wiederkehrend und flächendeckend zu betrachten. Die Satelliten nehmen dabei Daten auf, die uns helfen, stetige und schnelle Veränderungen an jedem Ort der Welt zu beobachten und objektiv einschätzen zu können.

- Doch welche Bedarfe und Anforderungen haben Bundeseinrichtungen an diesen umfangreichen und wachsenden Datenschatz?
- Wie lässt sich eine effiziente Nachnutzung von beschafften Daten gewährleisten?
- Welche Unterstützung benötigen neue Nutzende?
- Welche Bedarfe zum Wissenstransfer bestehen?

Diesen und weiteren Fragen ist das BKG Ende 2020 und Anfang 2021 nachgegangen. Hierzu führte es im Auftrag des Interministeriellen Ausschusses für Geoinformationswesen eine webbasierte Umfrage durch. Mithilfe der Servicestelle Fernerkundung im Satellitengestützten Krisen- und Lagedienst setzte das BKG die inhaltliche und konzeptionelle Gestaltung der Umfrage um, führte sie durch und wertete sie aus. Ziel der Erhebung war es, zu ermitteln, welche konkreten Bedarfe an Dienstleistungen und welche Anforderungen an Fernerkundungsdaten in der Bundesverwaltung bestehen. Die Ergebnisse dienen zudem dazu, das Angebot der Servicestelle Fernerkundung optimal auf diese Bedarfe auszurichten.

130 Bundeseinrichtungen aller Ressorts nahmen die Gelegenheit wahr, ihre Anforderungen an die Nutzung kommerzieller Satellitendaten und -bilder darzustellen. Die Fragen zielten dabei ab auf die Nutzung der Daten, die Bereitstellungswege und weitere Dienstleistungen in der Fernerkundung. Das Hauptaugenmerk liegt nun darauf, kommerzielle Fernerkundungsdaten für die Bundesverwaltung gemeinschaftlich zu beschaffen und anzubieten. Auf Basis einer Bundeslizenz können dann einmal für den Bund beschaffte Daten weiteren Nutzenden im Bund angeboten werden. Auf diese Weise werden Synergien genutzt und Ressourcen geschont. Die wesentlichen Erkenntnisse der Umfrage finden Sie auf der nächsten Doppelseite.

Satellite image data for federal institutions

The Federal Agency for Cartography and Geodesy is the central provider of geoinformation services for federal institutions. Now, in a forward-looking move, we are placing a further emphasis on remote sensing. Increasingly frequent satellite missions now make it possible to view the earth's surface in very high degree of detail on a recurring basis and over a wide area. The satellites record data that help us to observe and objectively assess constant and rapid changes anywhere in the world.

- But what are the needs and requirements of federal institutions for this extensive and growing treasure trove of data?
- How can efficient subsequent use of procured data be ensured?
- What support do new users need?
- What are the needs for knowledge transfer?

The BKG investigated these and other questions in late 2020 and early 2021. To this end, it conducted a web-based survey on behalf of the Interministerial Committee for Geoinformation. With the help of the Federal Service Point of Remote Sensing in the Satellite-Based Crisis and Spatial Information Service, the BKG implemented the content and conceptual design of the survey, carried it out and evaluated it. The goal of the survey was to determine the specific needs for services and the requirements for remote sensing data in the federal administration. The results were also used to optimally align the services offered by the Federal Service Point of Remote Sensing with these needs.

130 federal institutions from all departments took the opportunity to present their requirements for the use of commercial satellite data and images. The questions were aimed at the use of the data, the provision channels and other services in remote sensing. The main focus is now on jointly procuring and offering commercial remote sensing data for the federal administration. On the basis of a federal license, data once procured for the federal government can then be offered to other users in the federal government. In this way, synergies are exploited and resources are conserved. The main findings of the survey can be found on the next double page.

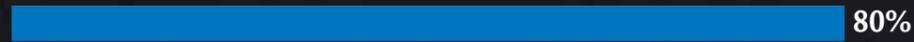
Vor allem Behörden,
die bereits mit Geoinformationen arbeiten,
werden höchstwahrscheinlich
auch Fernerkundungsdaten nutzen.

In particular, government agencies that already work with
geospatial information will most likely also use remote sensing data.

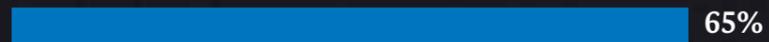
Aspekte, die für Nutzerinnen und Nutzer von
Fernerkundungsdaten besonders relevant sind/wären:

Aspects that are/would be particularly relevant for users of remote sensing data:

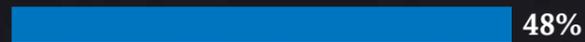
Einfache Beschaffung/Zugang Easy procurement/access



Kostenfreie Bereitstellung Provision free of charge



Hohe Auflösung High resolution



Unmittelbare Verfügbarkeit Immediate availability



Die drei mit höchster
Relevanz bewerteten Dienstleistungen sind:

The three services rated with the highest relevance are:

- allgemeine Informationsbereitstellung
General information provision
- fachliche Beratung
Professional advice
- Datenaufbereitung/-verarbeitung
Data preparation/processing

Jede zweite Einrichtung,
die Fernerkundungsdaten bereits nutzt,
verwendet aktuell hochauflösende,
multispektrale Daten (Auflösung < 5 m).

One out of two institutions already using remote sensing data
currently uses high-resolution, multispectral data (resolution < 5 m).

Lighthouse Reef (deutsch: Leuchtturmriff) vor der Küste von Belize
Lighthouse Reef off the coast of Belize



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, 2022

Druck

Silber Druck oHG, Lohfelden

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

Sofern nicht anders angegeben, stammen alle 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, 2022

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.

Unless otherwise stated, all used pictures are possessed by the Federal Agency for Cartography and Geodesy.



www.bkg.bund.de