



Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie

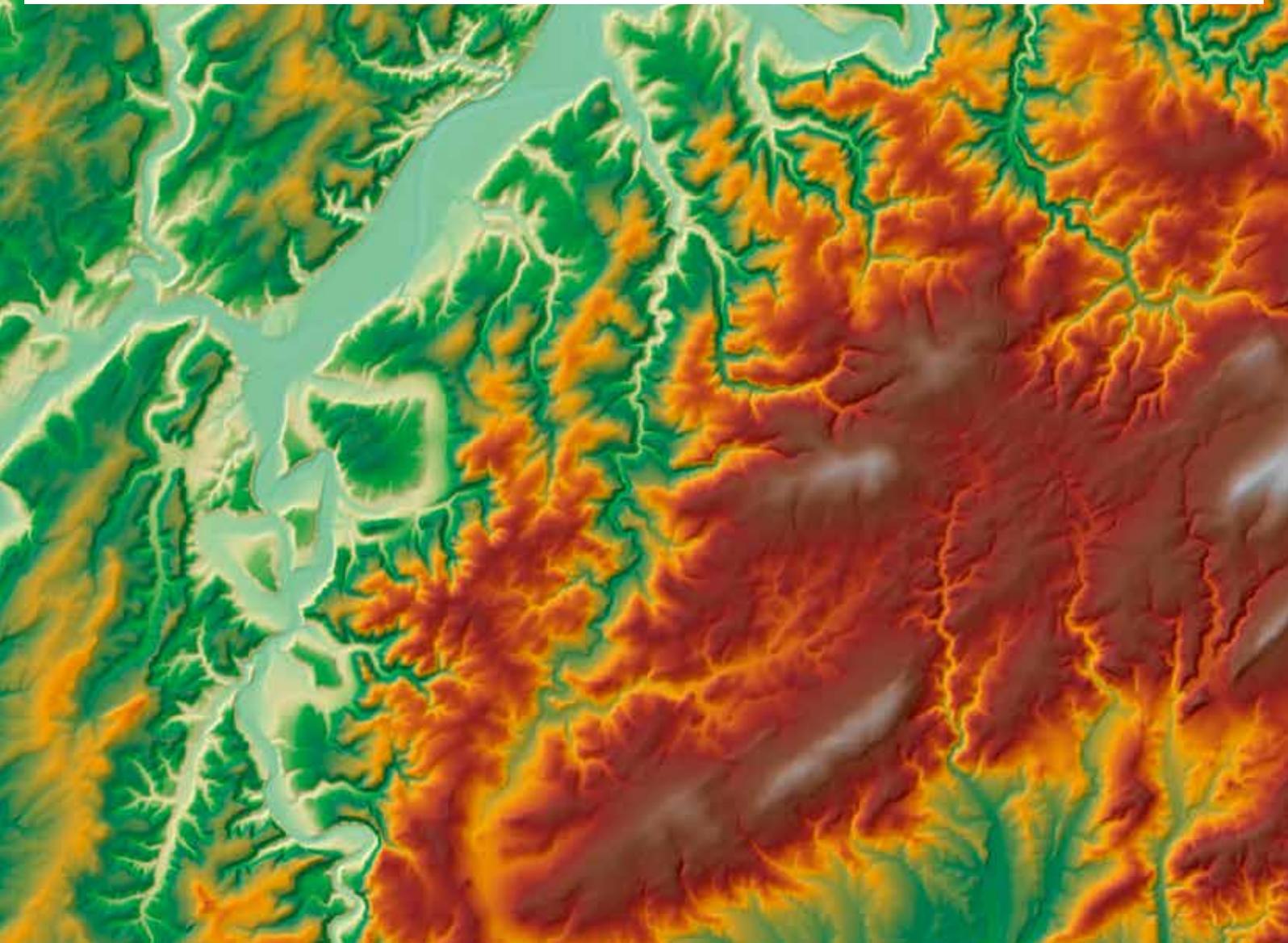


sehen.vermessen.verstehen. Jahresbericht 2016

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

observe.survey.understand. Annual report 2016

Federal Agency for Cartography and Geodesy



Titelseite / Title page

Farbige Schummerungsansicht des DGM5 (Ausschnitt)
Coloured hill shading of DGM5 (detail)

Vorwort



Liebe Leserin, lieber Leser,

„Mobile neue Welt: Digitalisieren – Vernetzen – Handeln“ – das war das Motto unserer ersten BKG-Jahrestagung, die am 22. Juni 2016 in unserer Hauptdienststelle in Frankfurt am Main stattfand. Das Thema ist hoch relevant und aktuell. Aufgrund seines Querschnittscharakters ist es zudem komplex. Es betrifft eine Vielzahl an gesellschaftlichen Bereichen – und damit unterschiedliche Rezipienten (institutionell und individuell) mit ihren jeweiligen Interessenslagen und Zuständigkeiten. Nicht zuletzt ist es eng verbunden mit dem Kompetenzbereich des BKG: „Karten und Koordinaten“.

Mobilität erfordert Geoinformationen und Geoinformationen erfordern Mobilität. Hier liefert das BKG als zentraler Dienstleister der Bundesverwaltung für Geoinformation und Geodäsie einen entscheidenden und wertvollen Beitrag. Mit unserem gesetzlichen Auftrag, zum Beispiel zur Koordination des Auf- und Ausbaus und zur Erhaltung des Bundesanteils der Geodateninfrastruktur für Deutschland (kurz GDI-DE), tragen wir maßgeblich zu einer zeitgemäßen Mobilität bei – ganz im Sinne der Digitalen Agenda der Bundesregierung.

Operationelle Infrastrukturleistungen ermöglichen es den Einrichtungen des Bundes insgesamt, ihre tägliche Arbeit erfolgreich zu meistern. So lassen sich mit einer Neuauflage der Software TopDeutschland aktuelle topographische Karten, Luftbilder und weitere Geobasisdaten vom gesamten Bundesgebiet für Vor-Ort-Einsätze bereitstellen. Auch für Europa ist eine Infrastruktur aus genauen, verlässlichen, arbeitsteilig erhobenen, harmonisierten Geoinformationen essentiell. Als Beitrag hat das BKG im Rahmen der Assoziation EuroGeographics neben der Fortführung des Produktionsmanagements der EuroBoundaryMap (EBM) nun auch das der EuroRegionalMap (ERM) übernommen. Unternehmen in der freien Wirtschaft sind zunehmend an flächendeckenden amtlichen Produkten interessiert. Für die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen (AdV) vertreibt das BKG nun auch das digitale Geländemodell von Deutschland mit einer Auflösung von fünf Metern (DGM5). Es gestattet u. a. Versicherungsunternehmen bessere Prognosen des Gefährdungspotenzials für die in einem Überflutungsgebiet befindlichen Gebäude.

Solche Informationen erfordern einen aktuellen, laufend gehaltenen geodätischen Raumbezug. Dieser liegt nun – resultierend aus der Neuvermessung Deutschlands – als integrierter Raumbezug 2016 vor. Ein Schlüsselement dabei ist die Höhenbezugsfläche. Diese leitet sich aus einem einheitlichen Schwerereferenzsystem ab. Für ein solches sind hochgenaue Informationen über die Schwerebeschleunigung notwendig, die das BKG auch im Jahr 2016 wieder durch Messungen an ausgewählten Punkten im gesamten Bundesgebiet erhalten hat. Mit dem vorliegenden Jahresbericht lade ich Sie dazu ein, mehr über unsere BKG-Projekte zu erfahren und wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre!

Ihr Hansjörg Kutterer
Präsident und Professor des BKG

Preface

Dear reader,

„Mobile new world: Digitizing – Networking – Acting“ – this was the motto of our first BKG Annual Meeting that took place in our main office in Frankfurt am Main on 22 June 2016. The topic is highly relevant and up to date. Due to its cross-cutting nature it is complex, too. It concerns a wide variety of social sectors – and thus various recipients (institutional and individual) with their particular interests and responsibilities. Not least, it is closely related to BKG’s competence: „Maps and coordinates“.

Mobility requires geoinformation and geoinformation requires mobility. To this, the BKG as central service provider of geoinformation and geodesy for the federal administration contributes essentially and valuably. With our statutory mandate, e.g. to coordinate establishing and developing and also to maintain the federal part of the Spatial Data Infrastructure Germany (GDI-DE) we contribute essentially to a modern mobility – in line with the Digital Agenda of the federal government.

Operational infrastructure services allow federal institutions in general to master their daily work successfully. So with a new version of the software TopDeutschland current topographic maps, aerial photographs and further basic geodata covering the whole territory of Germany can be provided for on-site applications. Also for Europe, an infrastructure from precise, reliable, collaboratively gathered, harmonised geoinformation is essential. As a contribution to that, BKG now also has taken over the production management of the EuroRegionalMap (ERM) while continuing that of the EuroBoundaryMap (EBM) within the association EuroGeographics. Companies in the private sector are increasingly interested in full-coverage official products. For the Working Committee of the Surveying Authorities of the Laender of the Federal Republic of Germany (AdV), the BKG now also distributes the digital terrain model of Germany with a resolution of 5 meters (DGM5). It allows e.g. insurance companies to better forecast the risk potential for buildings in a flood plain.

Such information requires a modern, updated geodetic spatial reference frame. This is available now as integrated spatial reference 2016 – resulting from the resurvey of Germany. A key element for this is the height reference surface. This is derived from a uniform gravity reference system. For this, high-precise information on gravity acceleration is required, which the BKG obtained also in 2016 by measurements at selected stations all over the territory of Germany.

I invite you to learn more about our BKG projects from this annual report and hope you enjoy reading it!

Hansjörg Kutterer
President and Professor of BKG

Inhaltsverzeichnis

1	Im Rückblick: Das war das BKG-Jahr 2016	6
2	Zahlen – Daten – Fakten 2016	10
3	Mit Lasern Weltraumschrott detektieren	12
4	Deutschland neu vermessen: integrierter geodätischer Raumbezug 2016	18
5	Wie schwer ist Deutschland?	24
6	TopDeutschland: Karten im Einsatz	30
7	Europa aus einer Hand: BKG übernimmt Produktionsmanagement für EuroGeographics	34
8	Überflutungsrisiken genauer abschätzen: das neue Digitale Geländemodell DGMS	38
9	Wo Sie uns finden: Standorte und Kontakt	42

Index of contents

1	Looking back: This was BKG's year 2016	7
2	Facts and figures 2016	11
3	Using lasers to detect space debris	13
4	Germany resurveyed: integrated geodetic spatial reference 2016	19
5	Gravity determination in Germany	25
6	TopDeutschland: Maps in use	31
7	Europe under one roof: BKG takes over production management for EuroGeographics	35
8	Assessing flood risks more exactly: the new Digital Terrain Model DGMS	39
9	Where you can find us: Locations and contact details	43

Im Rückblick: Das war das BKG-Jahr 2016

BKG-Jahrestagung, Öffentlichkeitsarbeit auf zahlreichen Veranstaltungen, Messkampagne in der Ostsee: Mit unserem Jahresrückblick möchten wir noch einmal – zusätzlich zu unseren nachfolgenden Schwerpunktthemen – an einige unserer vielfältigen Aktivitäten im Jahr 2016 erinnern.

Bundesinnenminister besuchte das BKG

Bundesinnenminister Dr. Thomas de Maizière besuchte am 19. Januar das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG). Im Gespräch mit BKG-Präsident Prof. Dr. Hansjörg Kutterer sowie Führungskräften und Mitarbeitern des Hauses informierte sich de Maizière über Nutzen und Mehrwert der Daten und Dienste des BKG. Besondere Themenschwerpunkte bildeten dabei „Georeferenzdaten für Daseinsvorsorge und Mobilität“ und „Geodaten als Unterstützungsleistung für die Aufgabenbewältigung in der Bundesverwaltung und zur Bewältigung der Flüchtlingslage“.

Geodaten zur Bewältigung der Flüchtlingslage auch Thema der CeBIT

Das BKG war vom 14. bis 18. März auf der CeBIT in Hannover zu Gast. Auf dem Gemeinschaftsstand des Bundesministeriums des Innern (BMI) präsentierte das Team die interaktive Routinganwendung RoutingPlus sowie den GeoCoder als Webdienst zur Geocodierung. Im Rahmen seines Besuchs richtete Dr. Thomas de Maizière sein besonderes Augenmerk auf Produkte und Dienste des BKG sowie des Zentrums für Satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) als Unterstützungsleistung für Bundeseinrichtungen zur Bewältigung der Flüchtlingslage.

Looking back: This was BKG's year 2016

BKG Annual Meeting, public relations work at numerous events, measuring campaign in the Baltic Sea: With our annual review, we would like to remind of some of our manifold activities in the year 2016 - in addition to the major issues below.

Federal Minister of the Interior visited the BKG

The Federal Minister of the Interior Dr. Thomas de Maizière visited the Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG) on 19 January. In conversations with the President of the BKG Prof. Dr. Hansjörg Kutterer as well as with senior staff members and employees of the Agency, de Maizière informed himself about benefit and added value of the data and services of the BKG. Main topics were "Georeference data for services of general interest and mobility" and "Geodata as support service for mastering the tasks in the Federal Administration and for managing the refugee situation".

A topic also at the CeBIT:

Geodata for managing the refugee situation

BKG exhibited at the CeBIT in Hanover from 14 to 18 March. The team presented the interactive routing application RoutingPlus and the GeoCoder as web service for geocoding at the joint booth of the Federal Ministry of the Interior (BMI). During his visit, Dr. Thomas de Maizière paid special attention to products and services of the BKG as well as to those of the Center for Satellite Based Crisis Information (ZKI) at the German Aerospace Center (DLR) as support service for federal institutions for managing the refugee situation.

Staatssekretär Vitt zu Besuch im BKG

Staatssekretär im BMI und Beauftragter der Bundesregierung für Informationstechnik Klaus Vitt besuchte am 10. Februar das BKG in Frankfurt. Vitt informierte sich im Gespräch mit BKG-Präsident Prof. Kutterer sowie Führungskräften des Hauses über die aktuellen Schwerpunktprojekte wie die Unterstützungsangebote TopPlus, GeoCoder und RoutingPlus des BKG. Diese BKG-Dienste kommen unter anderem in Krisensituationen zum Einsatz, wie beispielsweise bei der Bekämpfung von Kriminalität und Terrorismus sowie bei Routen- und Wegeberechnungen.

„Gewusst Wo!“ 2016

Bereits zum dritten Mal lud das BKG am 2. und 3. März zu einer Informationsveranstaltung für Bundesverwaltungen zum Thema Geoinformation nach Frankfurt am Main ein. Unter dem Motto „Gewusst Wo!“ bot das BKG eine Informationsplattform zum Thema Geodaten sowie deren Mehrwert und Nutzen.

„Berge und Täler“ der Ostsee

An der Messkampagne mit dem Forschungsschiff DENEb waren Fachleute des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), des Deutschen GeoForschungsZentrums (GFZ) und des BKG beteiligt. Sie führten im Rahmen des EU-Projektes FAMOS (Finalising Surveys for the Baltic Motorways of the Sea) in der Zeit vom 24. Mai bis 2. Juli an Bord des BSH-Schiffes hochpräzise Messungen der Erdanziehungskraft in der Ostsee durch.

BKG-Jahrestagung 2016

BKG-Präsident Prof. Kutterer eröffnete am 22. Juni in Frankfurt am Main die erste BKG-Jahrestagung unter dem Motto „Mobile neue Welt: Digitalisieren–Vernetzen–Handeln“. Geladen waren hochkarätige Vertreter aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft.

Teilnahme am Tag der offenen Tür im BMI

Am 27. und 28. August lud das BMI zum Tag der offenen Tür Bürgerinnen und Bürger unter dem Motto „Gesellschaftlicher Zusammenhalt – Flucht, Migration und Integration“ zu einem Besuch ein. Das BKG nutzte die Gelegenheit, sich auf vielfältige Weise dem Publikum zu präsentieren. Gemeinsam mit weiteren Behörden aus dem Geschäftsbereich des BMI stellte das BKG seine Leistungen und Aufgaben vor. Topographie zum Anfassen hieß es bei der Präsentation der Augmented Reality Sandbox.

Das BKG auf dem 12. Europäischen Katastrophenschutzkongress

Auf dem 12. Europäischen Katastrophenschutzkongress in der Zeit vom 20. bis 21. September präsentierte das BKG erstmalig TopDeutschland in einer neuen Version, welche – basierend auf einem OpenSource-Geoinformationssystem – die Komponenten Software und Geodaten vereint.

„Karte des Monats“ auf Geoportal Deutschland

Anlässlich der Intergeo 2016 wurde die Startseite der zentralen Suchmaschine für Geodaten in Deutschland, dem Geoportal (<http://www.geoportal.de>), neu überarbeitet. Seither erscheint dort zum Monatsanfang regelmäßig eine anschauliche Deutschland-Karte mit aktuellen Themen. Die „Karte des Monats“ lässt sich als standardbasierter Webdienst auch in andere Anwendungen einbinden und kann als Druckversion im PDF heruntergeladen werden. Für „Karten des Monats“ gibt es keine Nutzungseinschränkungen. Sie können privat und kommerziell frei genutzt werden. Die erste Karte des Monats für Oktober behandelte das Thema „Elektromobilität“. Weitere Themen für das Jahr 2016 waren Breitbandversorgung, Unfallstatistik auf deutschen Straßen und Abfallentsorgung.

Prof. Kutterer neuer DVW-Präsident

Der DVW – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e.V. – hat im Rahmen seiner Mitgliederversammlung am 10. Oktober Prof. Kutterer einstimmig zum neuen DVW-Präsidenten gewählt. In seiner neuen Funktion eröffnete Prof. Kutterer die internationale Kongressmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement INTERGEO: „Wir gestalten Zukunft“, welche vom DVW veranstaltet wird.

Das BKG im Branchendialog auf der INTERGEO

In der Zeit vom 11. bis 13. Oktober war das BKG Aussteller auf der INTERGEO in Hamburg. In diesem Jahr präsentierte das BKG die Produktpalette aus den Bereichen Geodateninfrastrukturleistungen, Europäische Geodateninfrastruktur und Satellitennavigation. Zudem stellte das Dienstleistungszentrum des BKG seine Webdienste und Daten vor.

Aussteller auf der Frankfurter Buchmesse

Das BKG informierte in der Zeit vom 19. bis 23. Oktober vor Ort über die aktuellen Amtlichen Topographischen Kartenwerke in den Maßstäben 1:200 000 bis 1:1 000 000 sowie über das Aufgabenspektrum des BKG in den Bereichen Kartographie, Geoinformation und Geodäsie. In diesem Jahr lud das BKG außerdem ein zum neu gestalteten „Deutschlandquiz“.

State Secretary Vitt visited the BKG

The State Secretary at the BMI and Federal Government Commissioner for Information Technology Klaus Vitt visited the BKG in Frankfurt on 10 February. In conversations with the President of the BKG Prof. Kutterer and senior staff members of the Agency, Vitt informed himself about the current priority projects like the support services TopPlus, GeoCoder and RoutingPlus of the BKG. These BKG services are applied e.g. in crisis situations like for the fight against crime and terrorism or for route calculations.

”Knowing where!“ 2016

Already for the third time, the BKG invited to an informative event for federal agencies on the subject geoinformation to Frankfurt am Main on 2 and 3 March. Under the motto ”Gewusst Wo!“ (”Knowing where!“) the BKG offered an information platform on the subject of geodata and their added value and benefit.

”Mountains and valleys“ of the Baltic Sea

Experts from the Federal Maritime and Hydrographic Agency (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, BSH), the German Research Centre for Geosciences (Deutsches GeoForschungsZentrums, GFZ) and the BKG participated in the measuring campaign with the research ship DENEb. From 24 May to 2 July, they performed on board of the BSH ship high-precision gravity measurements in the Baltic Sea within the frame of the EU Project FAMOS (Finalising Surveys for the Baltic Motorways of the Sea).

BKG Annual Meeting 2016

The President of the BKG Prof. Kutterer opened the first BKG Annual Meeting under the motto ”Mobile new world: digitizing, networking, acting“ in Frankfurt am Main on 22 June. Top-class representatives from politics, economy and science were invited.

Participation in the Open Door Day of the BMI

On 27 and 28 August, BMI invited citizens to the Open Door Day under the motto ”Social cohesion – flight, migration and integration“. Together with further authorities from the portfolio of the BMI, BKG took the opportunity to present its services and tasks to the visitors. A highlight was BKG’s Augmented Reality Sandbox as ”topography you can touch“.

BKG at the 12th European Congress on Disaster Management

At the 12th European Congress on Disaster Management from 20 to 21 September, BKG presented TopDeutschland for the first time in a new version that combines the components software and geodata on the base of an Open Source geoinformation system.

”Map of the Month“ at Geoportal Deutschland

On the occasion of Intergeo 2016, the homepage of the central search engine for geodata in Germany, the Geoportal (<http://www.geoportal.de>), was revised. Since then, a vivid map of Germany on current topics is published regularly at the beginning of the month. The ”Map of the Month“ as standard-based web service may also be integrated into other applications and can be downloaded as print version in the PDF. There are no usage restrictions for the ”Maps of the Month“. They may be utilized freely for private and commercial purposes. The first ”Map of the Month“ for October dealt with the topic ”electromobility“. Further topics for the year 2016 were broadband coverage, accident statistics on German roads and waste management.

Prof. Kutterer new DVW President

The DVW – Society for Geodesy, Geoinformation and Land Management (Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e.V.) – has unanimously elected Prof. Kutterer as new DVW President during its General Assembly on 10 October. In his new function, Prof. Kutterer opened the international Conference Trade Fair for Geodesy, Geoinformation and Land Management INTERGEO: ”We shape the future“, organised by DVW.

BKG in industry dialogue at the INTERGEO

The BKG exhibited with an own booth at the INTERGEO in Hamburg from 11 to 13 October and presented the product range from the fields of spatial data infrastructure services, European spatial data infrastructure and satellite navigation. Moreover, the Service Centre of the BKG showcased its web services and data.

BKG exhibited at the Frankfurt Book Fair

From 19 to 23 October, the BKG informed during the Book Fair about the current Official Topographic Map Series at the scales 1:200,000 to 1:1,000,000 and about its range of responsibilities in the fields cartography, geoinformation and geodesy. This year, the BKG also invited the visitors to test their knowledge with the redesigned ”Germany Quiz“.

OpenData-Produkt DLM250 des BKG
OpenData Product DLM250 of the BKG

737.921 Objekte in
74 Objektarten (wie Straße, Wald, Fließgewässer etc.)
(Digitales Landschaftsmodell 1:250 000)

737,921 objects of 74 object types
(like street, forest, watercourse etc.)
(Digital Landscape Model 1:250,000)

Entfernung der Quasare von der
Messstation in Wettzell
Distance of quasars from the measuring
station in Wettzell

ca. 1 Mrd.
bis 13 Mrd.
Lichtjahre

About 1 billion
to 13 billion
light years

OpenData-Produkt GN250 des BKG
OpenData Product GN250 of the BKG

153.170
Objekte und
32 Attribute
(Geographische Namen 1:250.000)

153,170 objects and 32 attributes
(Geographical names 1:250,000)

Anzahl der Lasermessungen in
Wettzell

Number of laser measurements in
Wettzell

über
6.000
Satelliten-
passagen

over 6,000
satellite passages

Speicherbedarf für
Digitale Orthophotos (DOP)
Memory requirement for
Digital Orthophotos (DOP)

76 TB

Ausgabe gedruckter Sonderkarten
für Bundesverwaltungen

Provision of printed special maps
for Federal administrations

ca. 7.100
Exemplare

about 7,100 copies

Gewicht des
20-Meter-Radioteleskops
in Wettzell

Weight of the 20 m-Radiotelescope
Wettzell

120
Tonnen
tonnes

Bereitstellung von Landkarten
Provision of maps

für Bundesbehörden
20.200 Exemplare
for federal authorities 20,200 copies

8.300 Exemplare
für Buchhandelsvertrieb
8,300 copies for book trades sales

Zugriffe auf
DLZ-Webseiten
Accesses to DLZ web pages

3.033.801

OpenData-Downloads

48.201

Zugriffe auf
DLZ-Webdienste
Accesses to DLZ web services

765.212.798

Bearbeitete externe
Kundenanfragen im DLZ
Processed external customer
enquiries at the DLZ

4.354



Mit Lasern Weltraumschrott detektieren

Weltraumschrott stellt heute eine zunehmende Bedrohung für weltraumgestützte Infrastruktur, wie zum Beispiel Erdbeobachtungssatelliten, dar. Nach einem chinesischen Test einer Anti-Satelliten-Rakete im Jahr 2007 und der Kollision des russischen Satelliten „Kosmos-2251“ mit dem amerikanischen Kommunikationssatelliten „Iridium-33“ im Jahr 2009 ist die Konzentration von Schrottteilen überproportional stark angestiegen.

So sind mittlerweile mehr als 16.000 offiziell katalogisierte Objekte in Erdumlaufbahnen unterwegs, von denen jedoch nur rund 1.000 funktionierende und manövrierbare Satelliten sind. Bereits heute reicht die Konzentration von Schrottteilen aus, um eine sogenannte Kollisionskaskade auszulösen, d. h. die bei jedem Zusammenstoß von Objekten entstehende Vielzahl an Splintern und Bruchstücken kann potentiell mit weiteren Objekten kollidieren. Deshalb ist es unabdingbar, weitere Kollisionen zu vermeiden und die Anzahl der neu erzeugten Schrottteile, die bei jedem Raketenstart anfallen, so gering wie möglich zu halten.

Nach Informationen der europäischen Raumfahrtagentur ESA kommen aufgrund von kritischen Annäherungen zwischen funktionierenden Satelliten und Schrottteilen bis zu mehrmals täglich Ausweichmanöver in Betracht. Ob dann ein Ausweichmanöver tatsächlich durchgeführt werden muss, hängt stark von der Genauigkeit der Vorhersage ab. Um Bahnvorhersagen künftig zu verbessern, wird derzeit getestet, inwieweit sich die in der Geodäsie bekannte Laserentfernungsmessung, im Englischen als Satellite Laser Ranging (SLR) bezeichnet, dafür einsetzen lässt. Mithilfe dieser hochgenauen

Using lasers to detect space debris

Today space debris is becoming an increasing threat for space-based infrastructure like e.g. Earth observation satellites. After a Chinese test of an anti-satellite weapon in 2007 and the collision of the Russian satellite "Kosmos-2251" with the American communications satellite "Iridium-33" in 2009, the concentration of debris particles grew excessively.

As a consequence, more than 16,000 officially catalogued objects are currently orbiting the Earth, but only about 1,000 of them are operational and thus maneuverable satellites. Even today, the concentration of debris particles suffices to trigger a so-called collision cascade, i.e. the large number of fragments resulting from every collision of objects can potentially collide with further objects. Therefore, it is indispensable to avoid further collisions and to keep the number of further debris particles that result from each rocket launch as small as possible.

The European Space Agency ESA reported that up to several times a day obstacle avoidance maneuvers are considered due to critical approaches between operational satellites and debris particles. If such a maneuver must actually be performed strongly depends on the accuracy of the prediction. It is currently tested if distance measurements using lasers – in geodesy well known as Satellite Laser Ranging (SLR) – can be applied for a future improvement of orbit predictions. With the aid of this high-precision orbit determination, more precise statements can be made if an obstacle avoidance maneuver is necessary or not. For this, ESA initiated a "General Support Technology Programme" (GSTP) in 2014.

General Support Technical Programme

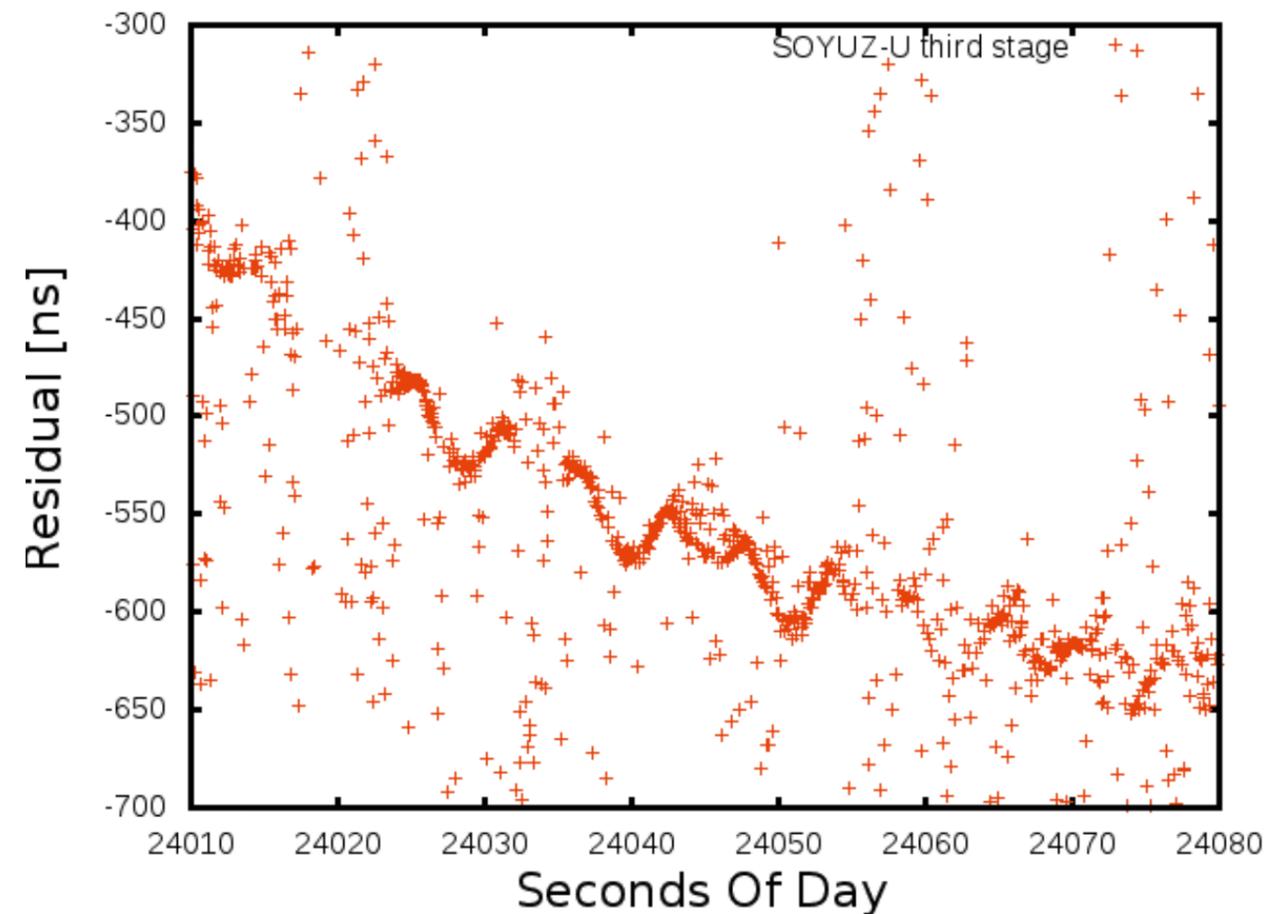
Das „General Support Technical Programme“ (GSTP) der ESA dient dazu, vielversprechende Ingenieurkonzepte in einsatzfähige Produkte umzusetzen. Im Rahmen dieses Programms wurden Fördermittel für das Projekt „Accurate Orbit Determination of Space Debris with Laser Tracking“ bewilligt, die die Installation eines leistungsstarken Lasers am geodätischen Observatorium Wettzell sowie Messkampagnen und deren Auswertung über einen Zeitraum von drei Jahren ermöglichten. Neben dem BKG sind an dem Projekt das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) Stuttgart, das Institut für Weltraumforschung (IFW) der österreichischen Akademie der Wissenschaften Graz und das Institut für angewandte und physikalische Geodäsie der TU München (IAPG-TUM) beteiligt. Der Beitrag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie umfasst hierbei die Durchführung der Messungen am Geodätischen Observatorium Wettzell.

Bahnvermessung können präzisere Aussagen getroffen werden, ob ein Ausweichmanöver notwendig ist oder nicht. Hierzu initiierte die ESA im Jahr 2014 ein „General Support Technology Programme“ (GSTP).

Am Geodätischen Observatorium in Wettzell werden mit dem Laser routinemäßig Entfernungen zu Satelliten gemessen, die mit sogenannten Retroreflektoren ausgerüstet sind. Diese reflektieren die einfallende Strahlung weitestgehend vollständig in Richtung Strahlungsquelle zurück. Dagegen werden die Laserstrahlen an den Metalloberflächen der Schrottteile

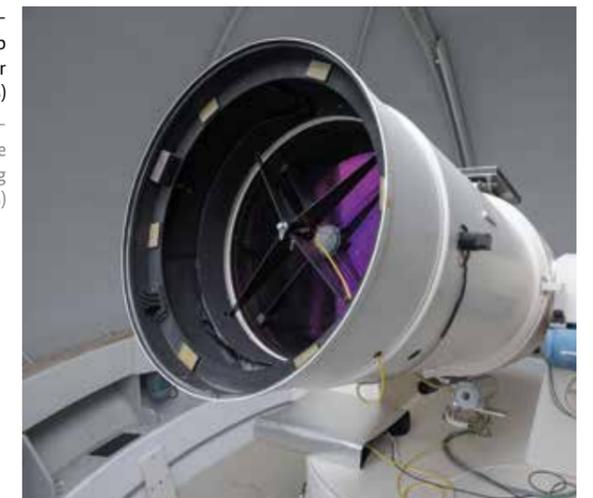
diffus reflektiert, d. h. das empfangene Signal ist schwächer. Aus diesem Grund wurde zunächst ein leistungsstärkerer Laser am Wettzell Laser Ranging System (WLRS) installiert. Bald darauf folgten erste Messungen etwa zu ausgebrannten Raketenstufen – sie treiben für eine bestimmte Zeit die gesamte Rakete an und werden nach dem Ausbrennen abgetrennt – oder den nicht mehr betriebenen Iridium-Satelliten. Durch eine genaue Analyse der Laserechos konnte auch die Rotationsgeschwindigkeit der Objekte nachgewiesen werden, ein weiterer wichtiger Parameter für die Bahnvorhersage.

Beobachtete abzüglich vorhergesagte Laufzeit der Laserpulse (Residuen) aus einer Messung zu einer Soyuz-Raketenstufe. Die präzisen Messungen im Bereich von wenigen Nanosekunden erlauben die Identifizierung von periodischen Bewegungen, die von der Rotation des Objekts herrühren.



At the Geodetic Observatory in Wettzell laser ranging to satellites being equipped with so-called retro-reflectors is routinely performed. Such retro-reflectors reflect the incident radiation almost completely back in the direction of the radiation source. In contrast, the metal surfaces of the debris particles reflect the laser beams diffusely, i.e., the received signal is weaker. For this reason, a more powerful laser was installed at the Wettzell Laser Ranging System (WLRS). First measurements to burnt-out rocket stages, which are detached from the rocket after usage, or to Iridium satellites being out of operation followed subsequently. An exact analysis of the laser echoes even allows the determination of the rotation speed of the objects, another important parameter for orbit prediction.

75 Zentimeter Sende- und Empfangsteleskop des Wettzell Laser Ranging System (WLRS)
75cm sending and receiving telescope of the Wettzell Laser Ranging System (WLRS)



Observed minus predicted runtime of the laser pulses (residuals) from a Soyuz rocket stage ranging. The precise measurements in the range of a few nanoseconds allow the identification of periodic motions resulting from the rotation of the object.

General Support Technology Programme

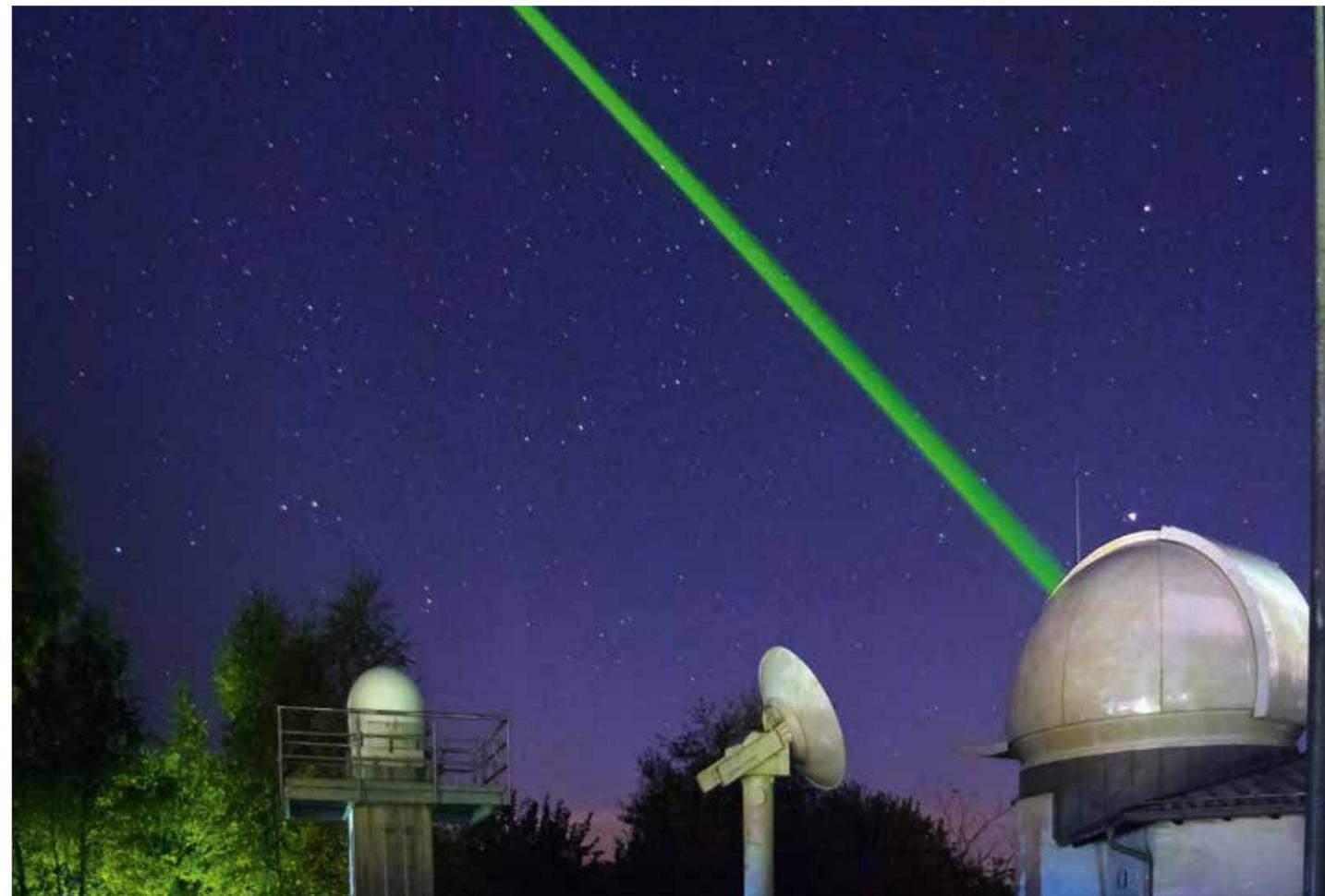
The goal of ESA's General Support Technology Programme (GSTP) is to convert promising engineering concepts into a broad spectrum of mature products. In the framework of this programme a grant for the project "Accurate Orbit Determination of Space Debris with Laser Tracking" was approved which allowed to install of a powerful laser at the Geodetic Observatory Wettzell as well as to perform measuring campaigns and their evaluation for a period of three years. Besides the BKG, the German Aerospace Center (DLR) Stuttgart, the Space Research Institute (IFW) of the Austrian Academy of Sciences Graz and the Institute for Astronomical and Physical Geodesy of the Technical University of Munich (IAPG-TUM) are involved in the project. The Federal Agency for Cartography and Geodesy contributes to the project with measurements at the Geodetic Observatory Wettzell.

Triangulation

Triangulation bedeutet in der Geodäsie die Aufteilung eines Geländes in Dreiecke. Mithilfe der bekannten Koordinaten dieser Dreieckspunkte lassen sich unbekannte Punkte und deren Koordinaten aus verschiedenen Richtungen einmessen. Bei der Satellittriangulation werden die Koordinaten eines Satelliten von verschiedenen Orten auf der Erdoberfläche durch Richtungs- oder Entfernungsmessungen bestimmt.

Mit einer genaueren Bahnvorhersage verringert sich nicht nur die Kollisionswahrscheinlichkeit, es müssen auch weniger Ausweichmanöver durchgeführt werden – das spart Treibstoff und erhöht damit die Lebensdauer der Satelliten. Ein Unterfangen, das sich auszahlt, angesichts der enormen Kosten, die entstehen um Satelliten in die Umlaufbahn zu bringen.

Am Geodätischen Observatorium in Wettzell werden mit dem Laser Entfernungen zu Satelliten gemessen.



At the Geodetic Observatory in Wettzell, distances to satellites are measured with a laser.

Neben sogenannten monostatischen Messungen, bei welchen lediglich eine Messstation Laserpulse sowohl sendet als auch empfängt, sind im Rahmen des GSTP-Projekts auch multistatische Messungen möglich. Die an den Messobjekten zurückgestreuten Laserpulse werden hierfür simultan von weiteren, unter Umständen mehrere 100 Kilometer voneinander entfernten Messstationen empfangen. Das ist deshalb möglich, da die Laserpulse an den Metalloberflächen in einen sehr breiten Raumwinkelbereich diffus zurückstreuen. Zwischen Juni und August 2016 fanden erfolgreiche multistatische Messungen mit den Messstationen DLR Stuttgart und BKG Wettzell statt. Bei der Auswertung lässt sich aufgrund der Beobachtungsgeometrie das Verfahren der Satellittriangulation anwenden und somit die Genauigkeit der Bahnbestimmung erheblich verbessern. Gleichzeitig erfolgt zwischen beiden Stationen mithilfe der reflektierten Laserpulse eine Zeitsynchronisation, die für die multistatischen Messungen grundlegende Voraussetzung ist. Diese Art der Zeitsynchronisation ist deutlich genauer als die Standardmethode mithilfe von GPS-Zeitempfängern, die eine Genauigkeit von max. zehn Nanosekunden (entsprechend drei Metern) erlauben.

Besides so-called mono-static measurements with only one station both sending and receiving laser pulses multi-static measurements are possible within the scope of the GSTP project. In this measurement mode, the laser pulses being backscattered from the targets are simultaneously received by further observing stations that can be several hundred kilometers away from each other. This is possible since the laser pulses backscatter at the metal surfaces diffusely in a very broad solid angle. Between June and August 2016, multi-static measurements between the stations DLR Stuttgart and BKG Wettzell were performed successfully. Due to the observation geometry, the method

Triangulation

In geodesy, triangulation means the division of an area into triangles. Using the known coordinates of these triangle points, unknown points and their coordinates can be determined from different directions. In satellite triangulation, the coordinates of a satellite are determined from different places on the Earth's surface by direction or distance measurements.

of satellite triangulation can be applied for evaluation of the orbits. In this way, the precision of orbit determination can be improved considerably. At the same time, a time synchronization between the two stations, which is a basic prerequisite for the multi-static measurements, is performed basing on the travel time of the reflected laser pulses. This type of time synchronization is significantly more precise than the standard method using GPS time receivers that allows an accuracy of max. ten nanoseconds (equivalent to three meters).

A more precise orbit prediction not only reduces the collision probability, also less avoidance maneuvers must be performed then; this saves fuel and thus extends the life-time of the satellites. A worthy task regarding the enormous costs that arise for taking satellites to the orbit.



© StMUV Bayern

Deutschland neu vermessen: integrierter geodätischer Raumbezug 2016

Am 21. September 2016 hat das Plenum der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (AdV) beschlossen, den bisherigen amtlichen geodätischen Raumbezug zu aktualisieren und den integrierten geodätischen Raumbezug 2016 einzuführen. Mit dem integrierten Raumbezug stellt die AdV einheitliche und hochgenaue Koordinaten für Lage und Höhe sowie Schwerewerte bereit. Diese Daten basieren auf einer Neuvermessung Deutschlands, die im Zeitraum 2006 bis 2012 durchgeführt wurde.

Genauere Koordinaten: Grundlage zum Erhalt und Ausbau der Infrastruktur

Ein moderner geodätischer Raumbezug ist die Grundlage für eine praxisgerechte Georeferenzierung jeglicher raumbezogener Daten. Nur so kann eine Vermessung wirtschaftlich und genau durchgeführt und dabei das Potential der heutigen und zukünftigen Satellitenpositionierungsverfahren, insbesondere Galileo, voll ausgeschöpft werden. Ob für

- den Neubau von Hochgeschwindigkeitsstrecken der Deutschen Bahn und Autobahnen,
- die Maschinensteuerung (z. B. autonome Fahrzeuge, Landwirtschaftsmaschinen usw.),
- die Planung, den Bau und die Überwachung von Hochwasserschutzanlagen oder
- das Monitoring von Bewegungen der Erdoberfläche (Bergbau, Geothermie), –

ohne eine präzise einheitliche Koordinatengrundlage sind derartige Projekte nicht umzusetzen. Die Vermessungsverwaltungen der Länder und das BKG stellen hierfür die vermessungstechnische Basis – den Raumbezug – bereit.

Germany resurveyed: integrated geodetic spatial reference 2016

On 21 September 2016, the plenum of the Working Committee of the Surveying Authorities of the Laender of the Federal Republic of Germany (AdV) has decided to revise the official geodetic spatial reference frame and to implement the integrated geodetic spatial reference 2016. With the integrated spatial reference the AdV provides uniform and highly accurate coordinates for positions and heights as well as gravity values. These data are based on a new survey of Germany, carried out between 2006 and 2012.

Precise coordinates are the basis for maintaining and extending our infrastructure

A modern geodetic spatial reference is a practical requirement for adequately geo-referencing any spatial data. Only then a survey can be carried out economically and precisely, exploiting the full potential of today's and tomorrow's satellite positioning techniques such as, in particular, Galileo. Whether it be for the construction of high-speed railway lines and motorways,

- machine control (of, e.g., autonomous vehicles, agricultural machines, etc.),
- planning, construction and surveillance of structures for flood protection,
- monitoring of movements of the Earth's surface (mining, geothermal exploration),

such projects could not be realised without a precise and uniform coordinate frame. The basic surveying infrastructure necessary for this – the spatial reference – is provided by the Laender of the Federal Republic of Germany and the BKG.

„Und sie bewegt sich doch!“ – Messen im Grenzbereich als Kernkompetenz

Die Form der Erdoberfläche ist nicht so unveränderlich, wie zumeist angenommen. Zwar liegt Deutschland auf einem vergleichsweise stabilen Teil der Erdkruste und größere tektonisch bedingte Veränderungen sind in der Gegenwart nicht zu verzeichnen. Die tektonische Platte, auf der Europa sich befindet, verschiebt sich allerdings als Ganzes um ca. 2,5 Zentimeter pro Jahr in nordöstliche Richtung. Andere Effekte, z. B. durch Massenumverteilung in der Atmosphäre (Hoch- und Tiefdruckgebiete) und im Ozean (Meeresgezeiten), sind heute besser bekannt und können bei der Bestimmung der Koordinaten berücksichtigt werden. Das trifft auch auf die Berücksichtigung von Gezeiten der „festen“ Erde zu. Diese sind zwar deutlich geringer als die Meeresgezeiten, doch im halbtäglichen Rhythmus „atmet“ auch die Erdkruste; ihre Oberfläche hebt und senkt sich dabei um bis zu 30 Zentimeter.

Auch der Mensch hat Einfluss auf die Gestalt und Form der Erdoberfläche, z. B. durch den Abbau von Rohstoffen und damit verbundenen Änderungen des Grundwasserspiegels. Festpunkte, die Träger unserer Koordinatensysteme, müssen aufgrund baubedingter Aktivitäten aufgegeben werden. Einmal bestimmte Koordinaten verlieren dadurch an Aktualität und Genauigkeit. Sie sind deshalb von Zeit zu Zeit zu aktualisieren.

Der moderne geodätische Raumbezug profitiert dabei von der gestiegenen Präzision der geodätischen Messverfahren. Damit zeitliche Änderungen der Erde korrekt und zuverlässig detektiert und separiert werden können, müssen jedoch alle Komponenten des Raumbezugs zusammenpassen und ineinandergreifen. Der integrierte Raumbezug 2016 basiert zum ersten Mal auf einer konsequenten gemeinsamen Planung, Messungsdurchführung und Auswertung *aller Komponenten des geodätischen Raumbezugs (3D-Lage, Höhe und Schwere)* in einer *gemeinsamen Messepoche*. Die Neuvermessung Deutschlands fand im Zeitraum 2006 bis 2012 statt.

Dabei wurden u. a. die Höhengrundlagen komplett neu vermessen (siehe Infobox „Messungen mit beeindruckender Präzision“). Die dafür notwendigen sogenannten Nivellements – Messungen von Höhenunterschieden zwischen Punkten – sind aber trotz Verwendung automatisierter Messgeräte sehr aufwendig, d. h. zeitintensiv und teuer.

Messungen mit beeindruckender Präzision

Bei der Neuvermessung des Höhennetzes wurden Nivellementslinien mit einer Gesamtstrecke vermessen, die eineinhalb Mal um den Äquator reichen würde (ca. 30.000 Kilometer im Doppelnivellement, d. h. der Höhenunterschied zwischen zwei Punkten wurde jeweils in Hin- und Rückrichtung gemessen). Dabei ist allein der Umring um Deutschland 5.350 Kilometer lang und wurde mit einem Schleifenwiderspruch von nur 13 Millimetern bestimmt.

Das Quasigeoidmodell als Schlüsselement im integrierten Raumbezug

Satellitengestützte Positionierungsverfahren (GNSS) haben daher für die Nutzer eine zunehmende Bedeutung und erobern immer mehr Anwendungsbereiche. Sie haben jedoch den Nachteil, dass mit ihnen Höhen über dem Meeresspiegel nicht unmittelbar bestimmt werden können. Man benötigt hierfür Zusatzinformationen über die Höhenbezugsfläche – in der Geodäsie als Quasigeoidmodell bezeichnet –, welche dreidimensionale Lagekoordinaten und physikalische Höhen in Bezug setzt. Quasigeoidmodelle lassen sich aus globalen Schwerefeld- und digitalen Geländemodellen sowie Messwerten der Schwerebeschleunigung ableiten. Auch in diesem Bereich unternahm Bund und Länder umfangreiche Anstrengungen, um die Datenbasis erheblich zu verbessern (siehe z. B. BKG-Jahresberichte 2013, 2014 und 2015).

„And yet it moves!“ – Measuring at the limit as a core expertise of BKG

The shape of the Earth's surface is not as firm as it is often assumed. Indeed, Germany is settled on a comparatively stable part of the Earth's crust, and significant changes of the tectonic regime are not observed. However, the tectonic plate on which Europe is located moves about 2.5 centimeters per year in the northeasterly direction. Other effects, e.g. due to mass redistributions in the atmosphere (high and low pressure systems) and in the oceans (ocean tides), are better understood these days and can be taken into account in the process of coordinate determination. This also applies to the tidal movements of the "solid" Earth. Those are much smaller in magnitude, compared to ocean tides. However, in a half-daily cycle also the Earth's crust is "breathing"; in that process its surface rises and subsides by up to 30 centimeters.

But also man influences the face and shape of the Earth's surface, e.g., by the exploitation of raw materials and the involved change of groundwater level. Benchmarks, the carriers of our coordinate systems, need to be abandoned because of construction activities. Like this, once determined coordinates become outdated and inaccurate, so they need to be revised from time to time.

On the road to achieving this goal, the modern geodetic spatial reference benefits from increasingly precise geodetic observation techniques. However, to be able to detect and distinguish the temporal changes of the system Earth correctly and reliably, all components of the spatial reference must comply and interlock with each other. For the first time, the integrated spatial reference 2016 is based on a joint and consolidated planning, measurement and processing of all components of the geodetic spatial reference (three-dimensional position, height and gravity) at a common reference epoch. This new survey of Germany was carried out between 2006 and 2012.

This includes, among other things, a complete resurvey of the height network (see info box "Measurements of impressive precision"). Despite the availability of automatic instruments, the here applied technique of leveling – observation of height differences between benchmarks using a spirit level instrument – is still very elaborate, i.e., time-consuming and costly.

Measurements of impressive precision

The distance covered during the resurvey of the height network reaches amounts to around one and a half times the equator (ca. 30,000 km of double leveling, i.e., measuring the height difference back and forth). At the same time the closure error of the 5,350 km outer loop could be kept at only 13 mm.

The quasigeoid model – Key link for the integrated spatial reference

Therefore, the role of satellite-based (GNSS-based) positioning techniques for individual measurements is ever growing, and new fields of applications arise continuously. However, these techniques have the disadvantage that they do not readily provide heights above sea level. Additional information is required by means of a height reference – called quasigeoid model in geodesy –, linking three-dimensional geometric positions with gravity-field related heights. Models of the quasigeoid are derived from global geopotential models, digital elevation models and observations of local gravity. Also in this field of expertise, the Federal Republic of Germany and its Länder have undertaken tremendous endeavors during the last couple of years in order to improve the data situation (see, e.g., BKG's Annual Reports 2013, 2014 and 2015).

Quasigeoidhöhe

Die aus satellitengestützten Messungen abgeleiteten Höhen tragen rein geometrischen Charakter; sie beschreiben den Abstand von einer mathematisch definierten Fläche, dem Erdellipsoid. Sie werden deshalb als ellipsoidische Höhen bezeichnet. Ellipsoidische Höhen haben keinen Bezug zum Erdschwerefeld; zwischen Punkten mit gleicher ellipsoidischer Höhe kann Wasser fließen. Für die Nutzung als Gebrauchshöhen sind sie deshalb ungeeignet.

Als Höhenbezugsfläche wird in Deutschland das Quasigeoid verwendet. Höhen über dem Quasigeoid sind physikalische Höhen. Um sie bestimmen zu können, sind neben geometrischen Informationen – den gemessenen Höhenunterschieden – auch Informationen über das Erdschwerefeld erforderlich.

Aus Nutzersicht ist die Quasigeoidhöhe (Höhenanomalie) die Höhendifferenz zwischen dem jeweiligen nationalen Höhenbezug und dem Erdellipsoid, auf das sich die Lagekoordinaten beziehen. Sie variiert in Deutschland zwischen 34 Meter im Bereich der Ostsee und 50 Meter in den Alpen. Weltweit kann sie Werte zwischen minus 110 und plus 70 Metern annehmen.

Gute Aussichten

Mit den neuen Daten berechneten das BKG und das Institut für Erdmessung der Leibniz Universität Hannover ein genaueres Modell der Höhenbezugsfläche von Deutschland. Das German Combined QuasiGeoid 2016 (GCG2016) ist ein wesentlicher Bestandteil des integrierten geodätischen Raumbezugs 2016. Es hat eine höhere Genauigkeit als sein Vorgänger GCG2011, weil sämtliche Messungen und Berechnungen bundesweit einheitlich und noch exakter durchgeführt wurden. So passen die Koordinaten der Lage-, Höhen- und Schwerefestpunkte noch besser zusammen. Die Einführung des integrierten geodätischen Raumbezugs 2016 am 1. Dezember 2016 gewährleistet den Nutzern eine praxiserrechte Georeferenzierung raumbezogener Daten sowie eine höhere Genauigkeit und Zuverlässigkeit bei der GNSS-gestützten Bestimmung physikalischer Höhen.

Komponenten des integrierten Raumbezugs

- das Deutsche Referenznetz (ETRS89/DREF91, Realisierung 2016) als Koordinatenrahmen für den geometrischen Raumbezug,
 - das Deutsche Haupthöhennetz (DHHN2016) für physikalische Höhen,
 - das German Combined QuasiGeoid (GCG2016) als Höhenbezugsfläche für die Umrechnung zwischen den geometrischen Höhen im ETRS89/DREF91, Realisierung 2016 und den physikalischen Höhen im DHHN2016,
 - das Deutsche Hauptschwerenetz (DHSN2016) als nationale Schwerebasis für die Schwerebeschleunigung.
- Die Bundesländer führen die Ergebnisse im Zeitraum 01.12.2016 bis 30.06.2017 offiziell ein.

Good prospects

Making use of the new data, the BKG and the Institute of Geodesy of the Leibniz University Hannover have computed an improved model of this height reference surface. The GCG2016 is an essential component of the integrated geodetic spatial reference 2016. Compared to its predecessor GCG2011 it provides a higher accuracy, since all measurements and computations for the spatial reference 2016 were conducted uniformly and even more accurately all over the country. That is also why the new sets of survey stations for positions, heights and gravity, respectively, are more consistent than ever. The implementation of the integrated geodetic spatial reference 2016 on 1 December 2016 ensures that users are capable of geo-referencing their spatial data in a straightforward way, including that physical heights be determined using GNSS-based positioning techniques with higher accuracy and reliability.

Components of the integrated spatial reference

- the German First Order Network (ETRS89/DREF91, Realization 2016) as the geometric spatial reference,
 - the German First Order Levelling Network (DHHN2016) for physical heights
 - the German Combined QuasiGeoid (GCG2016) as the height reference surface for conversion between the geometric heights in ETRS89/DREF91, Realization 2016 and the physical heights in DHHN2016,
 - the German Primary Gravity Network 2016 (DHSN2016) as enhanced and validated gravity data basis.
- These results are adopted by the German Laender and are coming into effect officially in the period between 1 December 2016 and 30 June 2017.

The quasigeoid height

The Heights derived from satellite-based measurements are purely geometric. They describe the distance of a point from a mathematically defined surface, the Earth ellipsoid. Such heights are therefore called ellipsoidal heights. Ellipsoidal heights are not related to the Earth's gravity field. This is why two points having the same ellipsoidal height may still be inclined, so that water may flow. And since that is against our natural understanding of the term "height", ellipsoidal heights cannot be used as a framework for practical applications. The height reference surface used in Germany is the quasigeoid (as opposed to the geoid which is still in use in some countries). Heights above the quasigeoid are physical heights. In order to determine them, geometric information – the height differences observed during leveling – needs to be complemented with gravity data. From a user's perspective, the quasigeoid height (height anomaly) denotes the corresponding height difference between the national height system and a specific Earth ellipsoid, which serves as the reference for three-dimensional positions. In Germany, the quasigeoid height varies between 34 m over the Baltic Sea and 50 m in the Alps. Worldwide it takes numbers between -110 m and +70 m.



Wie schwer ist Deutschland?

Ungläubig steht ein Wanderer im Harz auf dem Brocken-plateau vor einer künstlich aufgestellten kleinen Felsen-gruppe: „Was soll denn das? Die Schwerebeschleunigung beträgt 9,81 Meter pro Quadratsekunde – das habe ich schon in der Schule gelernt. Dafür muss man doch keine Bronzetafel anbringen!“ Vielleicht ist ihm mit dem zweiten Blick auf die Tafel doch deren Botschaft deutlich geworden – schließlich wird die Zahl mit fünf Stellen nach dem Komma angegeben und auch der Ort wird ausdrücklich erwähnt. Schon Carl Friedrich Gauss (1771-1855) war sich im Klaren, dass die Schwerebeschleunigung nicht konstant, sondern durch die Massenverteilung im Untergrund und die Topographie geprägt ist. Aber auch die Erdrotation leistet einen Beitrag dazu. Beweisen konnte man das messtechnisch damals auf dem Brocken nur indirekt über die Bestimmung der Lotabweichung, der Abweichung der tatsächlichen Lotrichtung von der Senkrechten auf der mathematischen Erdfigur. Heute ist die gravimetrische Messtechnik soweit fortgeschritten, dass sie nicht nur die Gezeiten der festen Erde registrieren, sondern sogar Variationen der Schwerebeschleunigung detektieren kann, die durch hydrologische Vorgänge oder tektonische Prozesse hervorgerufen werden.

Die Mitarbeiter des Referates „Metrologie der Schwere“ im Bundesamt für Kartographie und Geodäsie sind mit ihren Instrumenten, den Gravimetern, im gesamten Bundesgebiet unterwegs, um auf ausgewählten Vermessungspunkten hochgenaue Informationen über die Schwerebeschleunigung zu erhalten. So ist es möglich, ein einheitliches Schwerereferenzsystem für die Bundesrepublik Deutschland zu gewährleisten und daraus eine genaue und homogene Höhenbezugsfläche,

Gravity determination in Germany

A hiker stands puzzled in front of a small, artificially created pile of rocks on the Brocken-Plateau in the Harz Mountains: "What's that? The gravitational acceleration is 9.81 m/s^2 - I learned that in school. There is no need to put up a bronze tablet for that!" Maybe he gets the message after taking a second look - the number is given to five decimals, even the location is explicitly stated. Carl Friedrich Gauss (1777-1855) already knew that gravitational acceleration is not a constant, but is rather influenced by the mass distribution in the earth and the surrounding topography. However, it is also influenced by the rotation of the earth. In his time, this could only be experimentally demonstrated in an indirect manner on the Brocken by measuring the deviation of the Vertical; i.e. the deviation of the actual direction of a plumb line from the vertical on the mathematical figure of the Earth. Today, gravimetric measuring techniques have progressed to an extent that it is not only possible to register the influence of the tides of the solid Earth, but even detect the differences in gravitational acceleration caused by hydrologic or tectonic processes.

The employees of the Unit "Gravity Metrology" of BKG take their instruments, the gravimeters, all over Germany to collect highly accurate information on the gravitational acceleration at selected survey points. Using this data, it is possible to guarantee a uniform gravity reference system for the Federal Republic of Germany and derive from it an accurate and homogeneous height reference surface, called geoid. In addition, the local gravitational acceleration is also important when calibrating scales.

das sogenannte Geoid, abzuleiten. Aber auch beim Kalibrieren von Waagen ist die Kenntnis der örtlichen Schwerebeschleunigung notwendig.

In der heutigen Zeit bilden die sogenannten Absolutgravimeter den Schwerestandard, da sie ihre Messungen direkt auf Zeit- und Frequenzmessungen zurückführen und sie so auf die physikalische Größe „Sekunde“ beziehen können. Da aber kein Messgerät frei von Fehlern ist und auch keine Möglichkeit besteht, diese Absolutgravimeter an einem „Ur“-Gravimeter zu kalibrieren, werden Unterschiede zwischen individuellen Geräten mithilfe von Vergleichsmessungen ermittelt. Diese Messungen müssen dabei den strengen Kriterien der Metrologie (der Wissenschaft des Messens) genügen. Auch die Instrumente am BKG sind über derartige Vergleiche mit allen anderen etwa weltweit 100 Absolutgravimetern verknüpft. Der aktuelle Vergleich fand im Oktober 2016 statt. Das BKG nahm mit dem Absolutgravimeter FG5-301 an der internationalen Absolutgravimetervergleichskampagne teil, die vom US-amerikanischen Nationalen Institut für Standards und Technology (NIST) ausgerichtet und beim zuständigen Internationalen Gremium, dem CCM (Beratender Ausschuss

für die Masse und zugehörige Größen), registriert wurde. Zwölf Instrumente des Typs FG5 bzw. FG5-X aus Kanada, Mexiko, den USA und Europa mussten im Table Mountain Gravimetric Observatory (TMGO) in Boulder, Colorado an jeweils vier Tage nachweisen, dass sie in der Lage sind, die Schwerebeschleunigung auf vier von sechs Pfeilern im Rahmen der Fehlerabschätzung reproduzierbar zu bestimmen. Im Ergebnis dieses Vergleichs lassen sich die verschiedenen nationalen Schwerestandards miteinander verbinden. Ein globales Schwerereferenzsystem mit einer relativen Genauigkeit von besser 3×10^{-9} kann auf diese Weise gewährleistet werden.

Dass der Schwerewert auf dem Brocken dem deutschen Schulbuchwert auf der Erdoberfläche entspricht, ist Zufall. Dass es aber heute möglich ist, die Schwerebeschleunigung mit einer derart hohen

Nowadays, the standard for gravity is established using so-called absolute gravimeters, because they base their measurements directly on time and frequency measurements and, as such, can relate them to the physical quantity of the "second". However, as no measuring equipment is free of errors, and, there is no possibility of calibrating the absolute gravimeters using a "standard gravimeter", differences between individual instruments are determined with the aid of standardized comparative measurements. These measurements must adhere to the strict rules of metrology (science of measuring). The instruments of the BKG are thus linked to the other about 100 absolute gravimeters worldwide using such comparisons. The most recent comparison was performed in October 2016. The BKG participated with the absolute gravimeter FG5-301 in the International Comparison of Absolute Gravimeters Campaign, which was hosted by the US National Institute for Standards and Technology (NIST) and registered at the responsible international institution, the CCM (Consultative Committee for Mass and Related Quantities).

Earth's surface gravity extrema

List on Sylt: 9.8152 m/s^2 and Zugspitze 9.8006 m/s^2 . This means a precision scale calibrated on the Island of Sylt would show 1.5 grams less on the Zugspitze for the same one kilogram mass. Global comparison: Current modellings show that the Mount Nevado Huascarán in Peru has the lowest gravitational acceleration worldwide on the Earth's surface at 9.7639 m/s^2 while a location at the surface of the Arctic Ocean shows a value of 9.8337 m/s^2 .

Twelve instruments of type FG5 and FG5-X from Canada, Mexico, USA and Europe had to demonstrate over the course of four days at the Table Mountain Gravimetric Observatory (TMGO) in Boulder, Colorado that they are able to reproducibly measure the gravitational acceleration on four out of six pillars within the scope of the error estimation. As a result of this comparison it is possible to correlate the respective national gravity standards, guaranteeing a global gravity reference system with a relative accuracy of better than 3×10^{-9} .

The fact that the gravity value on the Brocken is the same as stated in German schoolbooks for the earth surface is merely coincidence. However, the possibility of determining the gravitational acceleration at such high accuracy, not being just a thrice repetition of the number zero has its timeless reason; it is an expression of the absolute international metrological reference system, the international system of units (SI) and the current state of the gravimetric measuring technology. By the way, the BKG geodesists were also on the Brocken with their field absolute gravimeter A-10 placed on a survey pillar to determine the value base for this tablet.

Extrema in Deutschland

List auf Sylt: $9,8152 \text{ m/s}^2$ und Zugspitze $9,8006 \text{ m/s}^2$. Das bedeutet, eine auf Sylt geeichte Präzisionswaage zeigt für das gleiche Massestück von einem Kilogramm auf der Zugspitze 1,5 Gramm weniger an. Im globalen Vergleich: Aktuelle Modellierungen haben gezeigt, dass der Mount Nevado Huascarán in Peru mit $9,7639 \text{ m/s}^2$ der Ort mit der weltweit geringsten Schwerebeschleunigung an der Erdoberfläche ist, während an der Oberfläche des Arktischen Ozeans der Wert von $9,8337 \text{ m/s}^2$ erreicht wird.

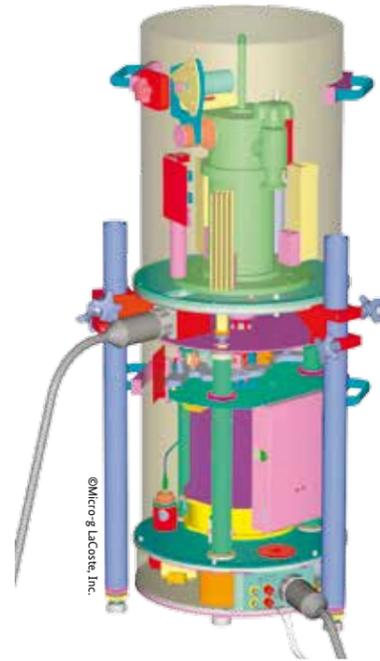


BKG-Mitarbeiter während einer Feldmessung mit dem Absolutgravimeter A-10.

BKG staff during field measurements with the absolute gravimeter A-10.

Absolutgravimeter

Zum Einsatz kommen Absolutgravimeter, die auf dem Prinzip des freien Falls eines Spiegels im Vakuum beruhen und diesen durch die Verwendung eines Lasers und eines hochgenauen Frequenzgenerators interferometrisch ausmessen. Das derzeit genaueste Gerät, das FG5 kann den aktuellen absoluten Wert der Schwerebeschleunigung mit einer relativen Genauigkeit von 3×10^{-9} bestimmen ($9,81 \pm 0,00000003 \text{ m/s}^2$). Zum Vergleich mit anderen Messtechniken: Die Entfernung von der Erde zum Mond würde bei dieser relativen Genauigkeit auf den Meter genau bestimmt werden.



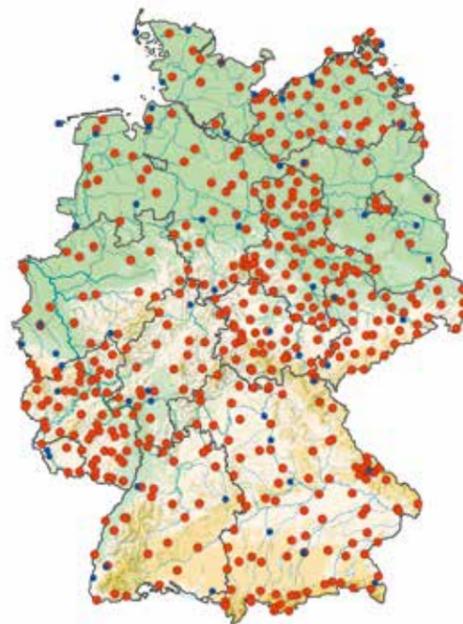
Querschnitt eines Absolutgravimeters
Cross-section of an absolute gravimeter

Absolute gravimeter

The absolute gravimeters which are currently in use are based on the principle of free fall of a mirror in a vacuum, which is interferometrically measured using a laser and a highly accurate frequency generator. The most accurate instrument at this time, the FG5, can determine the current absolute value of the gravitational acceleration at a relative accuracy of 3×10^{-9} ($9,81 \pm 0,00000003 \text{ m/s}^2$). For comparison with other measuring techniques: if the distance from the Earth to the Moon were measured with the same relative accuracy, it would be accurate down to a single meter.

Genauigkeit zu bestimmen, dass nicht nur die dreimalige Nennung der Ziffer Null ihre zeitlose Berechtigung hat, ist Ausdruck des absoluten internationalen metrologischen Bezugssystems, dem System der Einheiten (SI), und dem Stand der gravimetrischen Messtechnik. Und übrigens, auch auf dem Brocken waren die Geodäten des BKG mit ihrem Feldabsolutgravimeter A-10 im Einsatz und haben dort auf einem Vermessungspfeiler die Wertegrundlage für diese Tafel bestimmt.

- A-10 Messungen im Gelände
A-10 measurements in the open country
- FG5-Messungen im Deutschen Schweregrundnetz 1994 (DSGN94), Integrierten Geodätischen Referenznetz Deutschlands (GREF) und auf Stationen des Küstenprojektes
FG5 measurements in the German gravity reference network (DSGN94), in the integrated geodetic reference network of Germany (GREF), and on stations of the coastal project



Schweremessstationen bundesweit
Gravity stations nationwide



Tafel auf dem Brocken im Harz
Tablet on the Brocken in the Harz Mountains



TopDeutschland: Karten im Einsatz

Die Einrichtungen und Behörden des Bundes, insbesondere die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS), nutzen in ihrer täglichen Arbeit in vielseitigen Bereichen Geodaten. Spezielle Anforderungen werden dabei an Anwendungen und Lösungen gestellt, welche in Vor-Ort-Einsätzen bei Schadenslagen wie Hochwasser und Überflutungen, Unfällen mit Gefahrgut, Stürmen oder bei Einsätzen im Bereich Personenschutz oder Observation benötigt werden.

TopDeutschland vereint – basierend auf dem OpenSource Geoinformationssystem QGIS – die Komponenten Software und Geodaten. Mit diesem Produkt präsentiert das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) eine Neuauflage der TopDeutschland. Auf einer USB-Festplatte werden Topographische Karten, Luftbilder (in Auszügen) und weitere Geobasisdaten vom gesamten Bundesgebiet bereitgestellt.

Die Software TopDeutschland greift auf das umfangreiche Angebot an Online-Kartendiensten des BKG zurück. Es können verschiedene vorkonfigurierte Hintergrundkarten wie zum Beispiel Digitale Orthofotos (DOP), Digitale Topographische Karten (DTK) oder die Webkarte TopPlus-Web geladen werden. Mit den umfangreichen Grafikfunktionen lassen sich bei bestehender Internetverbindung darüber hinaus spezielle Themenkarten erstellen. Eigene Fachinformationen können mit den Grafikfunktionen auf einen vorhandenen Kartenhintergrund gezeichnet werden (Flächen, Linien, Punkte). Auf diese Weise ist es möglich, neue Themenkarten wie z. B. eine Standortübersicht zu erstellen.

TopDeutschland: Maps in use

The institutions and authorities of the federation, particularly the authorities and organizations with security tasks (BOS) use geodata in diverse areas in their daily work. Special requirements are made to applications and solutions, which are used in on-site operations in scenarios as flooding and inundations, accidents involving the transport of dangerous goods, storms or in operations in the field of personal security or observation.

TopDeutschland combines – based on the open source geographic information system QGIS – the components software and geodata. With this product, the Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG) presents a new edition of the TopDeutschland. Topographic maps, aerial photographs (in parts) and further basic geodata of the complete federal territory are provided on a USB hard disk.

The software TopDeutschland makes use of the extensive range of online map services of the BKG. Several preconfigured background maps as e.g. Digital Orthophotos (DOP), Digital Topographic Maps (DTK) or the web map TopPlus-Web can be loaded. Moreover, with Internet connection special thematic maps can be generated with the extensive graphics functions. Own specialist information can be drawn to an existing map background with the graphics functions (areas, lines, points). In this way, it is possible to generate new thematic maps like e.g. a site overview.

Eine bundesweite gebäudegenaue Adressensuche ist ebenfalls vorhanden. Hierzu wurde der Datenbestand „Georeferenzierte Adressdaten“ mit ca. 22 Millionen Adressen in das Produkt integriert. Das System kann offline und online zum Einsatz kommen, sodass auch eine autarke Nutzung – ohne Internetverbindung – im Feld möglich ist. Die TopDeutschland Offline-Quellen können hierbei vom Nutzer beliebig erweitert und aktualisiert werden. Hierzu bietet die Software entsprechende Schnittstellen und Oberflächen, welche einen automatischen Download von Inhalten aus den BKG-Webdiensten ermöglichen.

Des Weiteren zeigt TopDeutschland im Gebrauch beispielsweise Adressen und Telefonnummern öffentlicher Einrichtungen in einem Pop-up-Fenster an, welches sich öffnet, sobald der Nutzer den Mauszeiger über das Objekt bewegt. Zusätzlich enthält das Programm die Funktion einer 3D-Visualisierung. So lassen sich 3D-Gebäudemodelle generieren, die neben dem Grundriss des Gebäudes weitere Informationen, wie zum Beispiel Angaben zur Höhe und Nutzung des Gebäudes enthalten. Schlussendlich verfügt die Software über eine GPS-Funktion, die die aktuelle Position durch die Verbindung mit einem GPS-Empfänger direkt in der Karte anzeigt (Live-Tracking). Die aufgezeichneten Positionsdaten lassen sich dauerhaft in zahlreichen gängigen Dateiformaten

Verwendete Daten

Nachstehende Geobasisdaten sind auf der Festplatte enthalten:

- Webkarte TopPlus-Web (europaweit)
 - Digitale Orthophotos (Luftbilder von Berlin, Bonn, Frankfurt am Main, Hamburg, Koblenz, München und Wiesbaden)
 - Verwaltungsgebiete (VG25, VG250)
 - Geographische Namen (GN250)
 - Points of Interest (POIs), z. B. Rettungspunkte (Anlaufstellen in Wäldern für Notsituationen), Krankenhäuser etc.
 - 3D-Gebäudemodell (Level of Detail 1)
- Weitere Daten können bei Bedarf hinzugeladen werden.

Datenquellen

Topographische Kartenwerke

- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)

Digitale Vektordaten

- AdV
- Statistisches Bundesamt (Destatis)
- BKG

Georeferenzierte Adressdaten

- Zentrale Stelle für Hauskoordinaten und Hausumringe (ZSHH) der AdV
- Destatis
- Deutsche Post Direkt GmbH (DP)
- BKG

speichern und weiterverarbeiten. Es können Wegpunkte, Routen und Spuren (auch Tracks genannt, bezeichnen den zurückgelegten Weg) gesichert werden.

Abgegeben wird die TopDeutschland nur an Behörden und Einrichtungen des Bundes. Da es sich bei der Software ausnahmslos um ein OpenSource-Produkt handelt, fallen keine Lizenzkosten an. Der Datenbestand ist ausschließlich zum internen Gebrauch beim Lizenznehmer zur Wahrnehmung seiner öffentlichen Aufgaben bestimmt. Hierzu einige Anwendungsbeispiele:

- Mobiler Einsatz in Fahrzeugen
- Kartendaten auch ohne Internetverbindung
- Einsatz in Leitzentralen der Polizei, Feuerwehr und Rettungsdienste sowie in Lagezentren der Sicherheitsbehörden
- Fahrzeuglokalisierung und -verfolgung
- Präsentation von Planungsvorhaben
- Bestandserfassung und -management (z. B. im Bereich Land- und Forstwirtschaft)
- Erfassung raumbezogener Daten

A Germany-wide building-exact address search is also available. For this, the dataset "Georeferenced address data" with about 22 million addresses was integrated into the product. The system can be used offline and online so that an autonomous use in the field – without Internet connection – is possible. The user can arbitrarily extend and update the offline sources of TopDeutschland. For this, the software offers the appropriate interfaces / surfaces that allow an automatic download of content from BKG's web services.

During use, TopDeutschland shows e.g. addresses and telephone numbers of public institutions in a pop-up window that opens as soon as the user moves the mouse pointer over the object. Additionally the program contains the function of a 3D visualization. So, 3D building models can be generated that contain beside the floor plan of the building further information, like e.g. data on the height and use of the building. Finally, the software comes with a GPS function that by connection with a GPS receiver shows the current position directly in the map (live tracking). The recorded position data can be permanently stored and processed in numerous common file formats. Waypoints, routes and tracks (describe the covered way) can be secured.

Used data

The hard disk contains the following basic geodata:

- Web map TopPlus-Web (Europe-wide)
 - Digital Orthophotos (aerial photographs of Berlin, Bonn, Frankfurt on the Main, Hamburg, Koblenz, Munich and Wiesbaden)
 - Administrative areas (VG25, VG250)
 - Geographical Names (GN250)
 - Points of Interest (POIs), e.g. rescue points (meeting points in forests for emergency situations), hospitals etc.
 - 3D building model (Level of Detail 1)
- Further data can be loaded if required.

Data sources

Topographic map series

- Working Committee of the Surveying Authorities of the Laender of the Federal Republic of Germany (AdV)
- Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG)

Digital vector data

- AdV
- Federal Statistical Office (Destatis)
- BKG

Georeferenced address data

- Central Office for House Coordinates and Building Polygons (ZSHH) of the AdV
- Destatis
- Deutsche Post Direkt GmbH (DP)
- BKG

TopDeutschland is only delivered to authorities and federal institutions. Since the software is without exception an Open Source product, no license costs arise. The dataset is exclusively intended for internal use with the licensee for purposes of his public tasks. Here are some application fields:

- mobile applications in vehicles
- map data also without Internet connection
- use in control centers of police, fire brigades and rescue services as well as in situation centers of the safety authorities
- vehicle localization and tracking
- presentation of planning projects
- stock assessment and management (e.g. in the field of agriculture and forestry)
- collection of spatial data



Europa aus einer Hand: BKG übernimmt Produktionsmanagement für EuroGeographics

Im Rahmen der EuroGeographics Extraordinary General Assembly im belgischen Leuven wurde am 11. Mai 2016 eine Vereinbarung zwischen EuroGeographics und dem BKG unterzeichnet, die die Übernahme des Produktionsmanagements von EuroRegionalMap (ERM) und die Fortführung des Produktionsmanagements von EuroBoundaryMap (EBM) zum Inhalt hat.

EuroGeographics repräsentiert die nationalen Einrichtungen der Geodäsie, des Katasters, der Kartographie und der Geoinformation in Europa. Derzeit vertritt EuroGeographics 61 Mitglieder aus 46 Ländern, der Hauptsitz befindet sich in Brüssel.

Hauptziel von EuroGeographics ist die Weiterentwicklung der Europäischen Geodateninfrastruktur durch die Zusammenarbeit der Mitglieder im Bereich Geoinformation. Die amtlichen Georeferenzdaten der Mitgliedsstaaten werden als harmonisierte und grenzübergreifende Geodatenprodukte bereitgestellt bzw. vertrieben. EuroGeographics unterhält zudem eine Vielzahl von Expertengruppen, z. B. zu den Themen INSPIRE, Copernicus, Kataster und Datenqualität. Des Weiteren unterstützt EuroGeographics Projekte wie das European Location Framework (ELF, www.elfproject.eu).

Die europäischen Referenzdatensätze EBM, ERM, EuroGlobalMap (EGM) und das digitale europäische Höhenmodell EuroDEM (digital elevation model) beruhen auf dem gleichen Bezugssystem. Jedes dieser Produkte unterliegt konformen Spezifikationen, die sicherstellen, dass Objekte in der Natur einheitlich für den entsprechenden Referenzdatensatz abgebildet werden. Die Autobahn A4 wird z. B. als Linie mit der Information „Autobahn mit der Autobahnnummer A4“ abgelegt. An den Grenzen sind die

Europe under one roof: BKG takes over production management for EuroGeographics

Within the framework of the EuroGeographics Extraordinary General Assembly in Leuven, Belgium, on 11 May 2016 an agreement between EuroGeographics and the BKG on taking over the production management of EuroRegionalMap (ERM) and continuing the production management of EuroBoundaryMap (EBM) was signed.

EuroGeographics represents the European national geodetic, cadastral, cartographic and geoinformation authorities. Currently, EuroGeographics brings together 61 members from 46 countries; the headquarter is in Brussels.

The main purpose of EuroGeographics is the further development of the European Spatial Data Infrastructure through collaboration of the members in the area of geographic information. The official geo-reference data of the member states are provided or marketed as harmonised and cross-border geodata products. Moreover, EuroGeographics maintains a variety of expert groups, e.g. relating to INSPIRE, Copernicus, cadaster and data quality. Furthermore, EuroGeographics supports projects such as the European Location Framework (ELF, www.elfproject.eu).

The European reference datasets EBM, ERM, EuroGlobalMap (EGM) and the digital European elevation model (EuroDEM) are based on the same reference system. Each of these products is subject to conform specifications, which make sure that objects in nature are represented uniformly for the corresponding reference dataset. The A4 motorway is e.g. stored as line with the information "motorway with the motorway number A4". At the borders, the data are harmonised so that no

EuroBoundaryMap (EBM)

Der Referenzdatensatz EBM umfasst alle europäischen Verwaltungseinheiten im Maßstab 1:100 000. Er enthält die Geometrien, Namen und weitere Informationen für die Verwaltungseinheiten von der Staatsebene bis zur untersten Verwaltungsebene. Für Deutschland sind das das Staatsgebiet, die Bundesländer, Gemeinden, Kreise und Verwaltungsgemeinschaften. EBM deckt ganz Europa ab und enthält insbesondere alle EU-Mitgliedsstaaten. Mithilfe eindeutiger Schlüsselzahlen ist eine Verknüpfung zu den räumlichen Bezugseinheiten der amtlichen Statistik der Europäischen Union (NUTS: Nomenclature des unités territoriales statistiques) möglich. EBM wird jährlich aktualisiert.

Daten harmonisiert, sodass im Verkehrs- und Gewässernetz keine Lücken oder Überlappungen auftreten. Den Vertrieb und die Lizenzbedingungen regelt EuroGeographics.

Das Produktionsmanagement von EGM liegt bei der französischen Partnerbehörde des BKG, dem Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). EGM wird durch automatische Generalisierung aus ERM abgeleitet und steht auf der Internetseite von EuroGeographics unter www.eurogeographics.org als Open Data zur Verfügung. Das digitale europäische Höhenmodell EuroDEM wurde 2008 federführend vom BKG erstellt.

Zu den Aufgaben des Produktionsmanagements von EBM und ERM gehört es, den gesamten Herstellungsprozess zu organisieren, strategisch zu planen und technisch umzusetzen. Zudem gilt es, sich allen Tätigkeiten zu widmen, die die kompletten Datensätze betreffen und die Qualität beider Produkte sicherstellen. Die Bereitstellung von Daten, die gesamte Dokumentation sowie die Aktualisierung der technischen Richtlinien und Werkzeuge gehören von nun an ebenfalls zu den Aufgaben des BKG. Ein weiterer

Aufgabenschwerpunkt für die Produktionsmanager ist die Kommunikation mit den Datenproduzenten und Regionalkoordinatoren. In Zusammenarbeit mit ihnen wird der Herstellungsprozess laufend überprüft und ggf. optimiert. Das Dienstleistungszentrum im BKG fungiert als Vertriebszentrum für EuroGeographics und liefert die europäischen Datensätze an deutsche und internationale Kunden aus.

Der Einzigartigkeit der amtlichen europäischen Produkte unterliegt auch ein einzigartiger Produktionsprozess. Die Partnerbehörden in Europa stellen entsprechend des jährlichen Produktionsplans nationale Daten auf der Grundlage der Spezifikationen für EBM und ERM her. Im Falle von EBM prüft das BKG die nationalen Datensätze direkt und führt diese zusammen. Die nationalen Datensätze für ERM werden von vier Regionalkoordinatoren geprüft und zu Teildatensätzen zusammengesetzt. Im Anschluss daran fasst das BKG die vier Teildatensätze zusammen und prüft den Gesamtdatensatz. EBM und ERM werden jährlich veröffentlicht.

Die Europäische Statistikbehörde Eurostat und die Europäische Kommission nutzen hauptsächlich diese amtlichen Referenzdatensätze: Während die EBM-Daten u. a. im Statistischen Atlas Europas (www.ec.europa.eu/eurostat/statistical-atlas/gis/viewer) zu finden sind, ist ERM vorwiegend zur Orientierung und als Hintergrundkarte im Einsatz.

EuroRegionalMap (ERM)

ERM ist ein topographischer Referenzdatensatz im Maßstab 1:250 000. Er enthält alle Themen, z. B. das Gewässer- und Verkehrsnetz, Siedlungsflächen und Vegetation, um für Europa eine topographische Karte herstellen und Analysen durchführen zu können. Die Informationen zu den Grenzen stammen aus EBM. Jedes Jahr werden – wie mit Eurostat vertraglich vereinbart – zwei bis drei der Themen aktualisiert.

EuroBoundaryMap (EBM)

The reference dataset EBM includes all European administrative units at scale 1:100,000. It contains geometry, names and further information for the administrative units from country level down to the lowest administrative level. For Germany, these are the state territory, the federal states, municipalities, districts and associations of municipalities. EBM covers all of Europe and contains particularly all EU member states. By unambiguous code numbers, it links to the spatial reference units of the official statistics of the European Union (NUTS: Nomenclature des unités territoriales statistiques). EBM is updated every year.

gaps or overlaps occur in the transport or water network. EuroGeographics regulates the sale and the licensing terms.

The French partner authority of the BKG, the Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), is responsible for the production management of EGM. EGM is derived from ERM by automatic generalisation and is available as Open Data on the website of EuroGeographics (www.eurogeographics.org). The digital European elevation model EuroDEM was generated under the lead management of the BKG in 2008.

The production management team of EBM and ERM is responsible for organisation, strategically planning and technically implementation of the whole production process. Moreover, it is necessary to address all activities that concern the complete datasets and guarantee the quality of both products. From now on, the provision of data, the complete documentation as well as the update of the technical guidelines and tools are also part of the tasks of the BKG. Another main task for the production

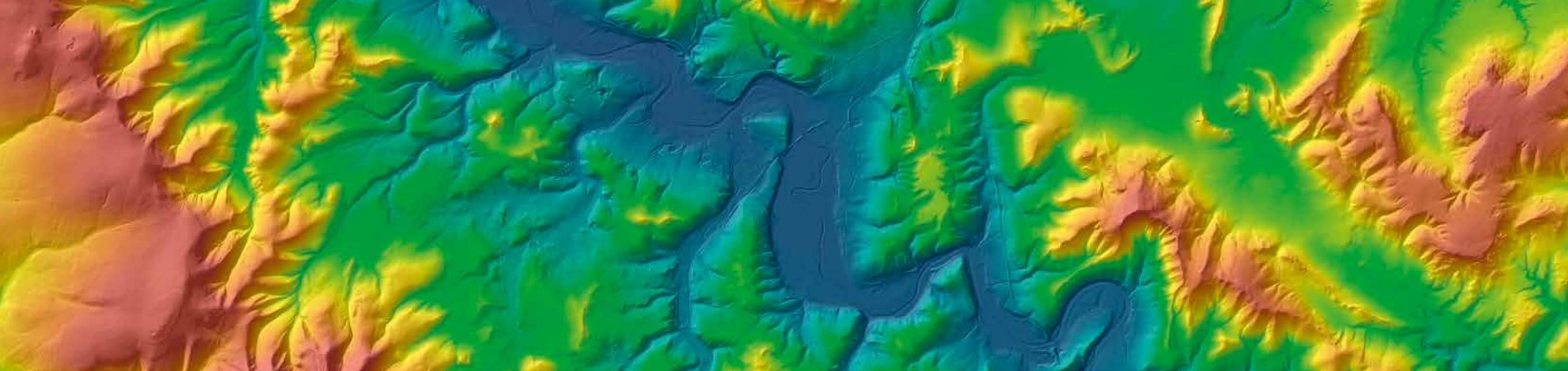
managers is the communication with the data producers and regional coordinators. In cooperation with them, the production process is reviewed constantly and optimised if necessary. The Service Centre at the BKG acts as distribution center for EuroGeographics and provides the European datasets to German and international customers.

The uniqueness of the official European products arises from an equally unique production process. The partner authorities in Europe produce national data according to the annual production schedule on the basis of the specifications for EBM and ERM. In the case of EBM, the BKG validates the national datasets directly and merges them. The national datasets for ERM are validated and put together to partial datasets by four regional coordinators. Following this, the BKG assembles the four partial datasets and validates the complete dataset. EBM and ERM are published once a year.

The statistical office of the European Union Eurostat and the European Commission mainly use these official reference datasets: While the EBM data is used in the Statistical Atlas of Europe (www.ec.europa.eu/eurostat/statistical-atlas/gis/viewer), ERM is predominantly in use for orientation and as background map.

EuroRegionalMap (ERM)

ERM is a topographic reference dataset at scale 1:250,000. It contains all themes, e.g. the water and transport network, settlement areas and vegetation, which are necessary to produce a topographic map for Europe and to carry out analyses. The information on boundaries comes from EBM. As contractually agreed with Eurostat, two to three of the themes are updated every year.



Überflutungsrisiken genauer abschätzen: das neue Digitale Geländemodell DGM5

Seit dem Jahr 2004 bietet das BKG in Kooperation mit der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (AdV) einheitliche Digitale Geländemodelle für das gesamte Staatsgebiet der Bundesrepublik Deutschland an. Das BKG übernimmt dabei die Aufgabe, die von den Bundesländern erhobenen Höhendaten an den Überlappungsgebieten zwischen den Bundesländern zu harmonisieren, diese entsprechend aufzubereiten (z. B. Datenformate, Ausschnitte) und über das Portal des Dienstleistungszentrums (DLZ) unter www.geodatenzentrum.de für Kunden vor allem aus dem Bereich Energie, Umwelt und Naturschutz anzubieten. Das aktuelle, in einer Spitzenauflösung von fünf Metern vorliegende Digitale Geländemodell von Deutschland, und alle weiteren gröberen Auflösungen (z. B. 25 Meter, 50 Meter) werden auf Grundlage der Datenaktualisierungen der Länder durch das BKG laufend fortgeführt und stetig verbessert.

Bei Risikoanalysen zur Kalkulation von Tarifen kommen Geländemodelle insbesondere bei Versicherungsunternehmen zur Anwendung. Beim Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV e.V.) wird hierzu das sogenannte ZÜRS-System verwendet. Um die Genauigkeit dieses Systems / dieser Anwendung und insbesondere die Abschätzung der Gefährdungspotenziale für verschiedene Risikostandorte zu verbessern, hat der GDV bei der AdV ein bundesweites DGM mit einer Auflösung von fünf Metern (DGM5) in Auftrag gegeben. Das BKG übernahm hierbei die technische Projektleitung.

Assessing flood risks more exactly: the new Digital Terrain Model DGM5

Since 2004, BKG has been offering in cooperation with the Working Committee of the Surveying Authorities of the Laender (AdV) uniform Digital Terrain Models for the whole territory of the Federal Republic of Germany. BKG has the task to harmonise the elevation data collected by the Laender in the overlapping areas between the Laender, to edit them (e.g. data formats, extracts) and to offer them via the portal of the Service Center (DLZ) at www.geodatenzentrum.de to customers especially from the fields of energy, environment and nature conversation. The current Digital Terrain Model of Germany that is available in a top resolution of five meters and all further, coarser resolutions (e.g. 25 meters, 50 meters) are continuously updated and constantly improved by the BKG based on the data updates of the Laender.

Particularly insurance companies apply terrain models in risk analyses for the calculation of tariffs. For this, the German Insurance Association (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft, GDV e.V.) applies the so-called ZÜRS System. To improve the accuracy of this system and thus also the forecast of the risk potentials for different risk locations the GDV commissioned at the AdV a Germany-wide DTM with a resolution of five meters (DGM5). BKG took over the technical project management for this.

ZÜRS

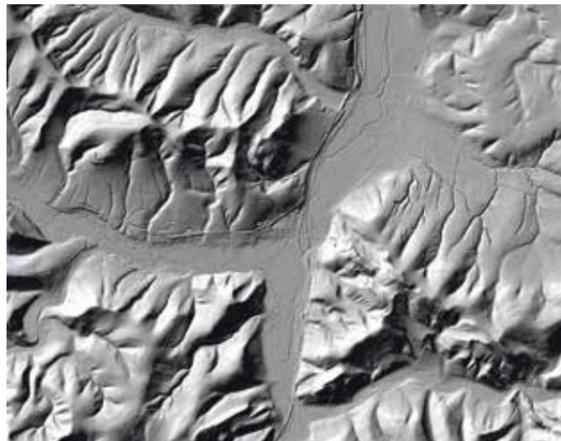
Das Zonierungssystem Überschwemmung, Rückstau und Starkregen, kurz ZÜRS, ist eine Datenbank der Versicherungsunternehmen, die es ermöglicht, Risiken für Überflutungsgebiete zu berechnen. Sie enthält 21 Millionen Adressen und 225.000 Kilometer Flussläufe aus den Hochwassergefahrenkarten der Bundesländer. Mithilfe eines Digitalen Geländemodells kann die Gefährdung, die bei Hochwasser von einem Gewässer für die umliegenden Gebäude ausgeht, modelliert werden.

Nachdem die Harmonisierung der Höhendaten aus den Bundesländern abgeschlossen war, konnte das DGM5 im Oktober 2016 an den GDV ausgeliefert werden. Die Höhengauigkeit beträgt 0,3 bis einen Meter, abhängig von der Geländeneigung und dem Bewuchs. Grundlage für diese hohe Genauigkeit bildet das hochpräzise Airborne Laserscanning, aus dem mittlerweile etwa 90 Prozent der Höhendaten für das DGM5 gewonnen werden.

Airborne Laserscanning

Das Airborne Laserscanning ist eine luftgestützte Messmethode zur Erfassung von Geländehöhen bzw. den Höhen, der auf dem Gelände befindlichen Objekte, wie etwa Häuser oder Bäume. Dazu wird ein Laserscanner an der Unterseite eines Fluggerätes, beispielsweise eines Flugzeugs oder Helikopters, angebracht. Dieser sendet während des Fluges kontinuierlich Laserimpulse in Richtung Boden, welche reflektiert und vom Laserscanner registriert werden. Durch die Messung der Laufzeit der einzelnen Laserimpulse lässt sich dann die Höhe, je nach Geländeneigung und -beschaffenheit, mit einer Genauigkeit von bis zu fünf Zentimetern berechnen. Zur Bestimmung der Lage der Höhenpunkte befinden sich ein GPS-Empfänger sowie ein Inertialsystem an Bord des Fluggerätes, über die die exakte räumliche Position des Laserscanners während des Fluges ermittelt wird.

Die Höhengauigkeit beim DGM5 beträgt 0,3 bis einen Meter.
The height accuracy of the DGM5 is 0.3 to one meter.



Die Abbildung zeigt anhand eines digitalen Geländemodells die Simulation von Hochwasser beispielhaft für Dresden.

The illustration shows the simulation of high water exemplarily for Dresden with a digital terrain model.

After the harmonization of the elevation data from the Laender was completed, the DGM5 could be delivered to the GDV in October 2016. The height accuracy is 0.3 to 1 meter, depending on terrain slope and vegetation. The basis for this high accuracy forms the high-precision Airborne Laserscanning, from which meanwhile come about 90 percent of the elevation data for the DGM5.

ZÜRS

The Zoning System for Flood, Backwater and Heavy Rain (Zonierungssystem Überschwemmung, Rückstau und Starkregen, ZÜRS) is a database of the insurance companies that allows calculating risks for floodplains. It comprises 21 million addresses and 225,000 kilometers of river courses from the flood hazard maps of the Laender. Using a Digital Terrain Model, the danger coming from a water body with high water for the surrounding buildings can be modelled.

Airborne Laserscanning

The Airborne Laserscanning is an airborne measuring method for gathering terrain heights or heights of objects situated on the terrain as e.g. houses or trees. To this end, a laser scanner is attached to the underside of an aircraft, e.g. an airplane or a helicopter. During the flight, this laser scanner emits laser pulses continuously towards the ground. These are reflected and registered by the laser scanner. By measuring the runtime of the single laser pulses, the height can be calculated with an accuracy of up to five centimeters depending on terrain slope and topography. For determining the position of the height points, a GPS receiver and an inertial system are on board of the aircraft with the help of which the exact spatial position of the laser scanner during the flight is determined.



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 Wetzell im Bayerischen Wald.

- **Zentrale Dienststelle in Frankfurt am Main**
Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
Richard-Strauss-Allee 11
60598 Frankfurt am Main
Deutschland
Telefon: +49 (0) 69 63 33-1
Telefax: +49 (0) 69 63 33-235
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: +49 (0) 341 56 34-0
Telefax: +49 (0) 341 56 34-415
E-Mail: mailbox@bkg.bund.de
- **Geodätisches Observatorium Wetzell**
Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
– Geodätisches Observatorium Wetzell –
Sackenrieder Straße 25
93444 Bad Kötzing
Deutschland
Telefon: +49 (0) 99 41 603-0
Telefax: +49 (0) 99 41 603-222
E-Mail: mailbox@bkg.bund.de
Internet: <http://www.fs.wetzell.de>

Where you can find us: Locations and contact details

BKG has three locations in Germany: the Central Office in Frankfurt am Main, its Branch Office in Leipzig, and at the Geodetic Observatory in Wetzell in the Bayerischer Wald.

- **Central Office in Frankfurt am Main**
Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
Richard-Strauss-Allee 11
60598 Frankfurt am Main
Germany
Telephone +49 (0) 69 63 33 - 1
Fax +49 (0) 69 63 33 - 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
Telephone +49 (0) 341 56 34-0
Fax +49 (0) 341 56 34-415
Email mailbox@bkg.bund.de
- **Geodetic Observatory Wetzell**
Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
– Geodätisches Observatorium Wetzell –
Sackenrieder Straße 25
93444 Bad Kötzing
Germany
Telephone +49 (0) 9941 603-0
Fax 49 (0) 9941 603-222
Email mailbox@bkg.bund.de
Internet <http://www.fs.wetzell.de>

Kontakt & Impressum

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)
Richard-Strauss-Allee 11
60598 Frankfurt am Main
Deutschland

Telefon: (069) 6333 - 1
Fax: (069) 6333 - 235
www.bkg.bund.de
mailbox@bkg.bund.de

Dienstleistungszentrum

Telefon: (0341) 5634-333
Fax: (0341) 5634-415
www.geodatenzentrum.de
dlz@bkg.bund.de

Herausgeber, Konzeption und Redaktion

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

Sofern nicht anders angegeben, stammen alle verwendeten
Bilder vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.

Contact & Imprint

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)
Richard-Strauss-Allee 11
60598 Frankfurt am Main
Germany

Telephone +49 69 6333 - 1
Fax +49 69 6333 - 235
www.bkg.bund.de
mailbox@bkg.bund.de

Service Centre

Telephone +49 341 5634-333
Fax +49 341 5634-415
www.geodatenzentrum.de
dlz@bkg.bund.de

Editor, concept and editing

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

Unless stated otherwise, all used pictures come from the Federal
Agency for Cartography and Geodesy.

www.bkg.bund.de

