

# Using Remote Sensing Data for Various Operational Tasks at the NRW Mining Authority

The NRW Mining Authority in Dortmund has been employing remote sensing data as part of its operating remit for quite a number of years. Orthophotographs and laser scanning data have been used by the NRW Geobasis services for basic survey purposes since the start of the millennium and after 2011 these techniques were also applied as risk management tools for surveying abandoned mine sites. During this second decade radar interferometry also proved to be a useful technology, e.g., zero-edge problems when recording ground movements over wide ar-

reas. In 2018 the NRW Mining Authority joined in a project that had been set up by the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) to provide quality control support for the Ground Motion Monitoring Service Germany (BBD). This went online in November 2019 and appears to be suitable for recording large-scale ground movements. In the same context the NRW Mining Authority is also interested in the Ground Motion Cadastral Map (BBK) that Geobasis NRW wants to make available at some point in the near future.

## Nutzung von Fernerkundungsdaten für die Aufgabenerledigung bei der Bergbehörde NRW

Die Bergbehörde NRW in Dortmund verwendet bereits seit vielen Jahren Fernerkundungsdaten bei ihrer Aufgabenerledigung. Bereits seit den 2000er Jahren werden Orthophotos sowie Laserscandaten von Geobasis NRW bei der markscheiderischen Grundlagenermittlung und ab 2011 im Rahmen des Risikomanagements Altbergbau verwendet. Mit Blick auf die Erfassung großflächiger Bodenbewegungen hat sich die Radarinterferometrie hinsichtlich der Betrachtung der Nullrandproblematik in den 2010er Jahren bewährt. Ab

dem Jahr 2018 hat die Bergbehörde NRW an einem Projekt der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zur Qualitätssicherung des Bodenbewegungsdienstes Deutschland (BBD) teilgenommen. Dieser wurde im November 2019 online gestellt und scheint hinsichtlich der Erfassung großräumiger Bodenbewegungen geeignet zu sein. Diesbezüglich ist die Bergbehörde NRW auch am Bodenbewegungskataster (BBK) interessiert, welches Geobasis NRW in naher Zukunft bereitstellen möchte.

### Introduction

According to the general definition the term “remote sensing” means “the gathering and recording of objects from a distance without direct contact between the recording system, namely the sensor, and the object being investigated” (1). This draws a clear distinction between information gathering by remote sensing and those in-situ methods that are used for undertaking survey work on site. The following measuring techniques are currently employed for remote sensing work:

- photogrammetry and aerial photogrammetry;
- radar interferometry; and
- airborne laser scanning (ALS)<sup>1</sup>.

The remote sensing data supplied by these measuring technologies have been used for a number of years to assist the NRW Mining Authority, Dortmund/Germany, in carrying out its various duties.

<sup>1</sup> At Geobasis NRW this technique is applied using a LIDAR (light detection and ranging) sensor.

### Einleitung

Gemäß einer allgemeinen Definition wird unter dem Begriff Fernerkundung „das Erfassen und Aufnehmen von Objekten aus der Entfernung, ohne direkten Kontakt des Aufnahmesystems, des sogenannten Sensors, mit dem zu erkundenden Objekt“ verstanden (1). Das unterscheidet die Informationsgewinnung mittels Fernerkundung wesentlich von In-situ-Verfahren, die zur Vermessung unmittelbar am Ort dienen. Zur Fernerkundung werden u. a. folgende Messverfahren gezählt:

- Photogrammetrie und Luftbildmessung,
- Radarinterferometrie und
- Airborne Laser Scanning (ALS)<sup>1</sup>.

Die Bergbehörde NRW, Dortmund, verwendet bereits seit vielen Jahren Fernerkundungsdaten dieser Messverfahren bei ihrer Aufgabenerledigung.

<sup>1</sup> Diese Erfassungsmethode wird bei Geobasis NRW mit Hilfe eines LIDAR-Sensors (Light Detection and Ranging) verwendet.



Fig. 1. Within the scope of the basic mine-survey review all documentation available to the NRW Mining Authority was systematically analysed as part of an operation to record all abandoned mining sites in North Rhine-Westphalia.

Bild 1. Zur Erfassung des Altbergbaus in Nordrhein-Westfalen werden im Rahmen der markscheiderischen Grundlagenermittlung alle bei der Bergbehörde NRW verfügbaren Unterlagen systematisch ausgewertet. Source/Quelle: Geobasis NRW

### Basic mine-survey review

As part of the basic mine-survey review aimed at registering former mining sites in North Rhine-Westphalia all the relevant documentation available to the NRW Mining Authority, such as mine plans and mining authority plans<sup>2</sup>, documents of entitlement<sup>3</sup> and company files<sup>4</sup>, are systematically logged and evaluated (Figure 1) (2). Since the early 1990s all mine entrances and surface openings (TÖB)<sup>5</sup> recorded as part of the basic survey planning exercise have been documented in the database headed “Information system for mine surface openings” (SATÖB) (3).

As well as referring to up-to-date map material, such as the Official Base Map (ABK) and the digital topographic maps (DTK), the process of checking the geocoding of the aforementioned maps and plans also uses the now outdated German Basic Map, which has a scale of 1:5,000 (DGK 5 – as at 2016), due to its high level of detail. The Web Map Service (WMS) “digital terrain relief shading map” provided by the Cologne District Government (Department 7) – Geobasis NRW, which has a pixel size equivalent to one square metre of ground surface, is used to provide additional confirmation of the geocoding system. In order to deliver this product Geobasis NRW derives wide-area terrain shading from the Digital Terrain Model (DGM) 1. Here the shading is in the form of a graphic reproduction of

### Markscheiderische Grundlagenermittlung

Zur Erfassung des Altbergbaus in Nordrhein-Westfalen werden im Rahmen der markscheiderischen Grundlagenermittlung alle bei der Bergbehörde NRW verfügbaren Unterlagen, z. B. betriebliches und bergbehördliches Risswerk<sup>2</sup>, Berechtsamsakten<sup>3</sup>, Betriebsakten<sup>4</sup>, systematisch ausgewertet (Bild 1) (2). Bereits seit Anfang der 1990er Jahre werden die im Rahmen der markscheiderischen Grundlagenermittlung erfassten Tagesöffnungen des Bergbaus (TÖB)<sup>5</sup> in der Datenbank „System zur Auskunft über Tagesöffnungen des Bergbaus“ (SATÖB) dokumentiert (3).

Zur Überprüfung der Georeferenzierung der oben genannten risslichen Unterlagen wird neben aktuellem Kartenmaterial, z. B. die Amtliche Basiskarte (ABK) und Digitale Topographische Karten (DTK), auch die mittlerweile historische Deutsche Grundkarte 1:5.000 (DGK 5 – Stand 2016) aufgrund des hohen Detailgrads verwendet. Der von der Bezirksregierung Köln Abteilung 7 – Geobasis NRW angebotene WMS-Dienst „DGM-Schummierung“, dessen Pixelgröße einem Quadratmeter auf der Erdoberfläche entspricht, wird als zusätzliche Bestätigung bzw. Absicherung der Georeferenzierung genutzt. Für dieses Produkt leitet Geobasis NRW flächendeckend Geländeschummierungen aus dem Digitalen Geländemodell (DGM) 1 ab. Eine Schumme-

<sup>2</sup> These plans comprise the mine drawings and other documents such as section plans, deposit plans, geological maps and similar. Part of this body of documentation is to be submitted to the relevant authority while the remainder is to be preserved at an appropriate mining establishment or somewhere nearby (cf. § 63 BBergG).

<sup>3</sup> Files that were created when the mining permits were first issued. They show, e.g., the position and extent of the take.

<sup>4</sup> Files that record the various operations and activities that took place during the life of a mining company.

<sup>5</sup> Accessing natural deposits and extracting mineral resources requires connections to be created between the surface and the target area below ground. Here a distinction is drawn between horizontal passages (drifts) and vertical or inclined excavations (shafts). The latter can also exist in different combinations, these including elbow shafts and step-faced shafts.

<sup>2</sup> Zum Risswerk zählen das Grubenbild und sonstige Unterlagen wie Risse, z. B. Schnittrisse, Lagerisse etc., Karten und Pläne. Ein Stück des Risswerks ist der zuständigen Behörde einzureichen, das andere an einem geeigneten Ort im Betrieb oder in dessen Nähe aufzubewahren (vgl. § 63 BBergG).

<sup>3</sup> Akten, die bei der Verleihung der Bergbauberechtigungen angelegt werden. Sie beinhalten beispielsweise die Lage und Flächengröße der Bergbauberechtigungen.

<sup>4</sup> Akten, in denen das betriebliche Geschehen über die gesamte Laufzeit eines Bergbaubetriebs dokumentiert wird.

<sup>5</sup> Zur Erschließung der Lagerstätte und zur Förderung der gewonnenen Bodenschätze werden Verbindungen von der Tagesoberfläche aus zur Lagerstätte benötigt. Diesbezüglich wird zwischen horizontalen (Stollen) und vertikalen sowie tonnlägigen (geneigten) Grubenbauen (Schächte) unterschieden. Darüber hinaus gibt es Kombinationen der vorgenannten Schachttypen, die als gebrochene oder abgesetzte Schächte bezeichnet werden.

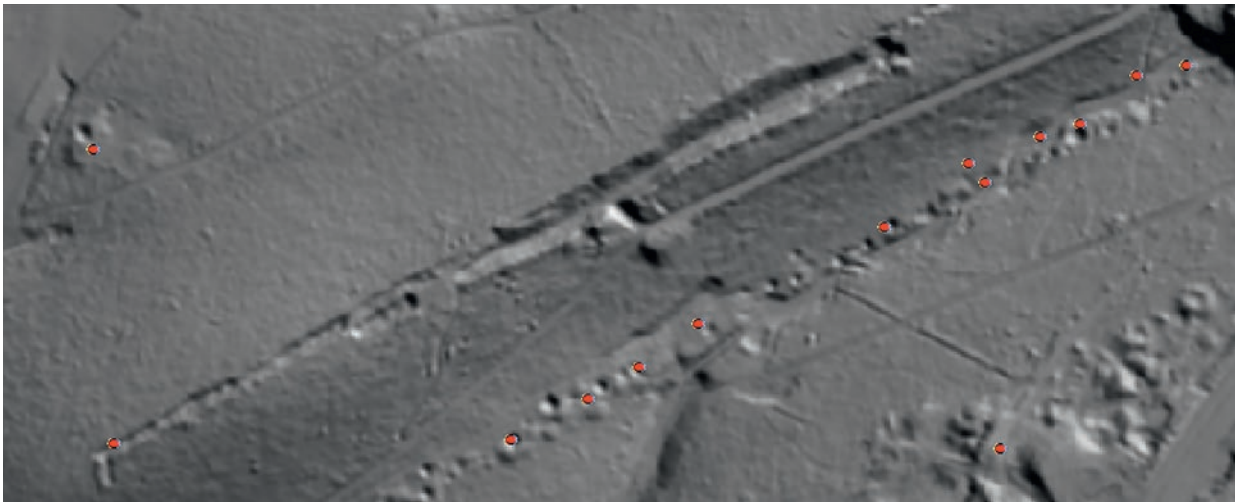


Fig. 2. Extract from the WMS Service "digital relief shading map" including TÖBs (red dots).

Bild 2. Ausschnitt aus dem WMS-Dienst „DGM-Schummerung“ inklusive TÖB (rote Punkte). Source/Quelle: Geobasis NRW

the terrain in a colour or greyscale image, the spatial impression being created by illumination against an imaginary light source. This means that any elevation facing towards the light source is shown bright and any facing away from the light source is dark. Objects such as buildings and vegetation are not portrayed as the DGM only depicts the natural shape of the terrain on the Earth's surface. A number of TÖBs and pings<sup>6</sup> in the DGM shading can be identified in figure 2.

The mine-survey review uses a vectorised contour dataset to recover up-to-date height data in and around mine entrances and openings (TÖBs). This means that historical elevations, as taken, e.g., from a surface map or series of section lines that may have been drawn up before mining-induced height changes appeared at ground level, can be compared with more recent elevations from the vector dataset that were established after the mining industry's impact had died away.

### The NRW Mining Authority risk management for abandoned mine sites

The risk management plan for abandoned mining sites currently includes some of the mine shafts under the responsibility of the state of North Rhine-Westphalia that have the potential to develop sinkholes or cave-ins. There are plans to extend the risk management system for abandoned mine sites to include all mine entrances and openings within the NRW area of responsibility. The data compiled in the SATÖB information system will be put together with other information that is currently being gathered exclusively as part of the risk management priority list and used to establish the risk rating of the mine shafts as a product of the scope of the damage and the likelihood of it occurring. In order to determine the surface usage, which is a factor when considering the scope of the damage, this operation is based both on the data from the official cadastral map information system (ALKIS NRW) and on digital orthophotographs taken by Geobasis NRW, as the latter may be more up-to-date. Digital orthophotos are high-reso-

lung ist die plastische Wiedergabe der Geländeformen in einem Farb- oder Graustufenbild, wobei der räumliche Eindruck durch die Beleuchtung mit einer imaginären Lichtquelle entsteht. Somit erscheint eine Erhebung zur Lichtquelle gerichtet hell und von der Lichtquelle abgewandt dunkel. Objekte wie Gebäude und Vegetation werden nicht dargestellt, da das DGM lediglich die natürliche Geländeform der Erdoberfläche beschreibt. In Bild 2 sind diverse TÖB und Pingen<sup>6</sup> in der DGM-Schummerung zu erkennen.

Zur Gewinnung von aktuellen Höheninformationen im Bereich von TÖB wird in der markscheiderischen Grundlagenermittlung ein vektorisierter Höhenliniendatensatz verwendet. Hierdurch ist ein Vergleich von historischen Höhen möglich, z. B. aus einem Tagesriss oder Schnittlinien, die ggf. vor dem Auftreten von bergbaubedingten Höhenänderungen an der Tagesoberfläche ermittelt wurden, und aktuelleren Höhen aus dem Vektordatensatz, die nach dem Abklingen der bergbaubedingten Einwirkungen auf die Tagesoberfläche ermittelt wurden.

### Risikomanagement Altbergbau der Bergbehörde NRW

Das Risikomanagement Altbergbau umfasst momentan einen Teil der potentiell tagesbruchrelevanten Schächte, die im Verantwortungsbereich des Landes Nordrhein-Westfalen liegen. Perspektivisch soll das Risikomanagement Altbergbau auf alle TÖB im Verantwortungsbereich des Landes ausgeweitet werden. Die in SATÖB erfassten Daten werden in Verbindung mit weiteren Daten, die momentan ausschließlich in der Prioritätenliste des Risikomanagements erfasst werden, dafür genutzt, den jeweiligen Risikowert der Schächte als Produkt aus Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens zu ermitteln. Zur Ermittlung der Oberflächennutzung, welche im Schadensausmaß Berücksichtigung findet, wird neben den Daten des Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystems (ALKIS NRW) aus Gründen der ggf. höheren Aktualität auf digitale Orthophotos von Geobasis NRW zurückgegriffen.

<sup>6</sup> The pings refer to mining-related, man-made landforms such as coal diggings and prospect holes (4).

<sup>6</sup> Unter Pingen werden u. a. anthropogen geschaffene Reliefformen des Bergbaus wie Kohlengräber- und Schürflöcher verstanden (4).





Fig. 3. Disparity between the latest orthophotograph and the ALKIS NRW information system ([www.tim-online.nrw.de](http://www.tim-online.nrw.de)). // Bild 3. Abweichung zwischen aktuellerem Orthofoto und dem ALKIS NRW ([www.tim-online.nrw.de](http://www.tim-online.nrw.de)). Source/Quelle: Geobasis NRW

lution, distortion-free, true-to-scale images of the Earth's surface that are available in geocoded form for the entire area of North Rhine-Westphalia and have a ground resolution of 10 cm/pixel. Figure 3 shows how the land use situation in the ALKIS database differs from that recorded in the more up-to-date aerial image.

Orthophotographs therefore constitute a vital source of information for establishing the latest land usage situation and detecting changes in use within the influence zone of former mine shafts as part of the risk management plan for abandoned mine sites.

### Monitoring in the post-mining/abandoned mines environment

As a participant in the TerraFirma project the NRW Mining Authority gained its first experience with satellite-supported radar interferometry in 2010. TerraFirma was one of several GMES Service Element projects being funded by the European Space Agency (ESA) under the initiative "Global Monitoring for Environment and Security (GMES)", this programme being renamed Copernicus in December 2012. The main objective of the project was the long-term provision of Europe-wide data on ground motion using satellite radar interferometry to carry out various assignments of public interest relating, e.g., to flood protection, landslides, earth tremors and mining-induced ground movements. By 2011 it was becoming obvious to the NRW Mining Authority that large-scale observations of the impact that the mining industry has had, or still might have, at ground level would become increasingly important for the performance of a range of tasks associated with the post-mining and abandoned mines environment (5). TU Clausthal University was therefore commissioned by the NRW Mining Authority in 2015 to commence a programme of radar interferometry measurements aimed at establishing the ground movements that had taken place in and around all active or recently closed mines operated by RAG Aktiengesellschaft,

Digitale Orthophotos sind hochauflösende, verzerrungsfreie und maßstabsgetreue Abbildungen der Erdoberfläche, die georeferenziert und flächendeckend für Nordrhein-Westfalen vorliegen und eine Bodenauflösung von 10 cm/Pixel aufweisen. In Bild 3 ist zu erkennen, dass die im ALKIS-Datenbestand dargestellte Oberflächennutzung von der im aktuelleren Luftbild abweicht.

Somit stellen Orthophotos eine unverzichtbare Quelle für die erstmalige Festlegung der Oberflächennutzung und die Detektion von Nutzungsänderungen im Gefährdungsbereich von Schächten im Risikomanagement Altbergbau dar.

### Monitoring im Nach- und Altbergbau

Bereits im Jahr 2010 hat die Bergbehörde NRW als Nutzer im Projekt TerraFirma erste Erfahrungen im Bereich der satellitengestützten Radarinterferometrie gesammelt. TerraFirma war eines von mehreren „GMES Service Element“-Projekten, die von der Europäischen Weltraumorganisation ESA im Rahmen der Initiative „Global Monitoring for Environment and Security (GMES)“, seit Dezember 2012 Copernicus genannt, gefördert wurden. Hauptziel des Projekts war die langfristige Bereitstellung europaweiter Daten über Bodenbewegungen unter Nutzung der satellitengestützten Radarinterferometrie für verschiedene Aufgabenstellungen mit öffentlichem Interesse, z.B. Hochwasserschutz, Hangrutschungen, Erdbeben und bergbaubedingte Bodenbewegungen. Bereits 2011 war für die Bergbehörde NRW absehbar, dass die flächendeckende Beobachtung der Auswirkungen, die von bergbaulichen Hinterlassenschaften auf die Tagesoberfläche ausgehen oder ausgehen können, zukünftig immer mehr an Gewicht bei der Erledigung ihrer Aufgaben im Nach- und Altbergbau erhält (5). Deshalb wurden im Auftrag der Bergbehörde NRW durch die Technische Universität (TU) Clausthal ab dem Jahr 2015 die Bodenbewegungen im

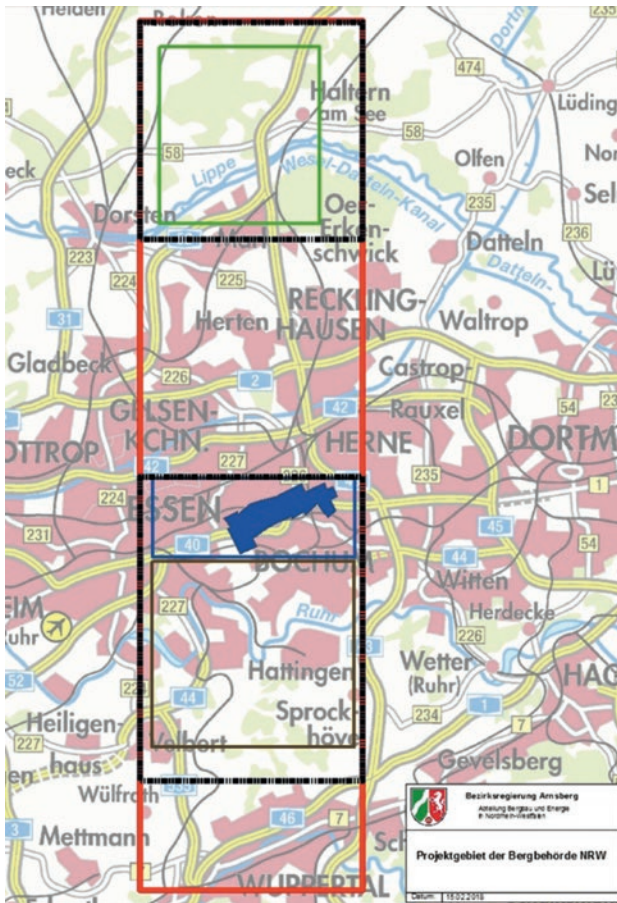


Fig. 4. Overview of the project area.

Source background map material: Geobasis NRW

Bild 4. Übersicht zum Projektgebiet.

Quelle Hintergrundkartenmaterial: Geobasis NRW

Bereich aller betriebenen und in der jüngeren Vergangenheit geschlossenen Bergwerke der RAG Aktiengesellschaft mithilfe der Radarinterferometrie erfasst, um Senkungserscheinungen außerhalb der prognostizierten Einwirkungsbereiche zu analysieren, wobei die Ergebnisse mit geodätischen Höhenmessungen verifiziert wurden (6).

Ab 2018 hat die Bergbehörde NRW an einem Projekt der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) teilgenommen. Diese ist vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) federführend mit der Konzeption, dem Aufbau und der Umsetzung eines Bodenbewegungsdienstes Deutschland (BBD) beauftragt worden. Kernelement des BBD sind bundesweite Bodenbewegungsdaten und eine daraus erzeugte Bodenbewegungskarte, die aus Copernicus Sentinel-1 Aufnahmen abgeleitet werden. Nach der Konzeptphase (2013 bis 2015) befand sich das Projekt von 2016 bis 2019 in der Aufbauphase. Im Rahmen dieser Phase hat die Bergbehörde NRW in den Jahren 2018 und 2019 zwei Lieferungen von BBD Sentinel-1 PSI<sup>7</sup>-Daten für ein festgelegtes Projektgebiet (Bild 4) zwecks fachlicher Qualitätssicherung und der Vorbereitung der Datennutzung betrachtet.

Da sich als Einsatzgebiete für die Radarinterferometrie nicht nur das Monitoring von Hinterlassenschaften des Bergbaus (TÖB und bergbauliche Hohlräume), sondern auch das Monitoring der Tagesoberfläche beim Grubenwasseranstieg anbieten, umfasste das Projektgebiet die folgenden drei Teilbereiche:

- Der Teilbereich 1 (Bild 4, grünes Rechteck) betrachtet den Einwirkungsbereich des ehemaligen Bergwerks Auguste Victoria, welches von 1899 bis 2015 betrieben wurde. Durch die Abbautätigkeit in den letzten Betriebsjahren wurden Hohlräume mit einem vertikalen Abstand von mehr als 100 m zur Festgesteinsoberfläche erstellt. Bei diesen Hohlräumen bewirkt der Gebirgsdruck ein Verschließen derselben in einem Zeitraum von fünf bis zehn Jahren nach Beendigung des Abbaus einhergehend mit Senkungen an der Tagesoberfläche, weshalb im Jahr 2018 noch Restsenkungen verzeichnet worden sind.
- Der Teilbereich 2 (Bild 4, blaues Rechteck) umfasst die zentrale Wasserhaltung Carolinenglück Süd (Bild 4, blaue Fläche) und senkungsauslösenden Steinkohlenbergbau, wobei die Senkungen bereits abgeklungen sind, da der Abbau Jahrzehnte zurückliegt. Bedingt durch die sukzessive Schließung einzelner Steinkohlenbergwerke im Ruhrrevier konnte das Pumpniveau in der zentralen Wasserhaltung Carolinenglück im Jahr 2016 von ca. -915 m NN auf -700 m NN angehoben werden.
- Der Teilbereich 3 (Bild 4, braunes Rechteck) enthält den bruchauslösenden Bergbau, der in diesem Bereich seit dem 15. Jahrhundert umgegangen ist. Die verlassenen Tagesöffnungen und bergbaulichen Hohlräume können zeitlich unbegrenzt zu Tagesbrüchen führen.

the aim being to analyse subsidence phenomena outside the projected influence zones, the findings then being verified using geodetic levelling (6).

In 2018 the NRW Mining Authority also teamed up with the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), the latter having been commissioned by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) to head a project to plan, set up and implement a Ground Motion Monitoring Service Germany (BBD). The BBD is essentially based on a body of nationwide ground movement data and an associated ground movement map, this information being derived from Copernicus Sentinel-1 imagery. The initial design phase (2013 to 2015) was then followed by a project development phase that lasted from 2016 to 2019. In 2018 and 2019, as part of this second development stage, the NRW Mining Authority processed two batches of BBD Sentinel-1 PSI<sup>7</sup> data destined for a specified project area (Figure 4). This exercise was undertaken for quality assurance purposes and as a preparatory step for subsequent data utilisation.

As radar interferometry can be used not just for monitoring the legacies of the mining industry (surface openings and mining cavities) but also for undertaking surface observations of rising

Vor der Betrachtung der BBD Sentinel-1 PSI-Daten wurden in allen Teilbereichen die digitalen Höhenmodelle (DGM1L) von Geobasis NRW beschafft. Aus diesen digitalen Höhenmodellen wurden mittels ArcGis von ESRI Inc. Terrainmodelle für alle Be-

<sup>7</sup> Persistent Scatterer Interferometry

mine-water levels the overall project area that was set up comprised the following three sub-sections:

- Sub-section 1 (Figure 4, green box) covers the impact area of the former Auguste Victoria mine that was in operation from 1899 to 2015. Coal mining activities during the final years of the colliery's life created cavities with a vertical distance of more than 100 m to the solid rock surface. Rock pressure caused these cavities to close up over a period of five to ten years after the cessation of mining, this in turn leading to ground subsidence above the area in question. As a result, some residual subsidence movement was still being recorded in 2018.
- Sub-section 2 (Figure 4, blue box) comprises the central dewatering zone for Carolinenglück South (Figure 4, area marked blue) and the subsidence-related coal working areas, though subsidence activities have now abated as mining stopped here decades ago. Due to the ongoing closure of collieries in the Ruhr coalfield it was possible in 2016 to raise the pumping level at the Carolinenglück central pumping station from some 915 m BSL to 700 m BSL.
- Sub-section 3 (Figure 4, brown box) covers an area of fracture-inducing mine workings that have existed in this vicinity since the 15th century. The abandoned mine openings and cavities can still cause sinkholes to develop at any time.

Digital elevation models (DGM1L) were provided by Geobasis NRW for all sub-sections prior to the examination of the BBD Sentinel-1 PSI data. Using ESRI's ArcGis geographic information system terrain models were calculated on the basis of these digital elevation models for all areas covered by the PSI data batches. A comparison was then undertaken of the ground movements that had been determined by levelling, ALS and interferometric SAR<sup>8</sup> (InSAR). Analysing and comparing the different datasets served to confirm the limits of BBD Sentinel-1 PSI data. Small-scale surface deformations such as sinkholes and cave-ins, e.g., cannot generally be detected using data of this kind. Moreover, zones with vegetation cover tend to produce a decorrelation of the interferometric phase, with the result that no changes of distance can be determined in these areas. For more on this see (7). The BBD portal, which contains the PSI data for the entire country, went online at the end of November 2019 (8).

### Summary and outlook

Since the start of the millennium the NRW Mining Authority has been using orthophotographs and laser scanning data from Geobasis NRW for basic survey purposes and with effect from 2011 these techniques were also applied as risk management tools for surveying abandoned mine sites. Using the data in this way has proved to be a great success and it is now hard to imagine this technology not being part of the everyday routine. Radar interferometry has shown itself to be a useful technology for examining zero-edge problems when recording ground movements over wide areas, while the Ground Motion Monitoring Service Germany (BBD) has proved to be a suitable body for carrying out large-scale measurements of this kind. In this context the NRW Min-

reiche berechnet, die durch die PSI-Datenlieferungen abgedeckt wurden. Anschließend erfolgte ein Vergleich der mittels Leitnivelement, ALS und interferometrischem SAR<sup>8</sup> (InSAR) ermittelten Bodenbewegungen. Bei der Auswertung und dem Vergleich der unterschiedlichen Daten bestätigten sich die Grenzen der BBD Sentinel-1 PSI-Daten. Beispielsweise können kleinräumige Oberflächendeformationen wie Erdfälle oder Tagesbrüche mit diesen Daten in der Regel nicht detektiert werden. Außerdem findet in Gebieten mit Vegetationsbedeckung eine Dekorrelation der interferometrischen Phase statt, sodass dort keine Entfernungsänderungen ermittelt werden können. Diesbezüglich wird auf (7) verwiesen. Ende November 2019 wurde das BBD-Portal, welches die PSI-Daten der gesamten Bundesrepublik Deutschland umfasst, online gestellt (8).

### Fazit und Ausblick

Bereits seit den 2000er Jahren verwendet die Bergbehörde NRW Orthophotos sowie Laserscandaten von Geobasis NRW bei der markscheiderischen Grundlagenermittlung und ab 2011 im Rahmen des Risikomanagements Altbergbau. Die Nutzung dieser Daten hat sich bewährt und ist aus der alltäglichen Arbeit nicht mehr wegzudenken. Mit Blick auf die Erfassung großflächiger Bodenbewegungen hat sich die Radarinterferometrie hinsichtlich der Betrachtung der Nullrandproblematik bewährt. Hinsichtlich der Erfassung großräumiger Bodenbewegungen scheint der Bodenbewegungsdienst Deutschland (BBD) geeignet zu sein. Diesbezüglich ist die Bergbehörde NRW auch am

<sup>8</sup> Synthetic Aperture Radar



ing Authority is also interested in the Ground Motion Cadastral Map (BBK) that Geobasis NRW wants to make available at some point in the near future. As far as the recording of localised ground movements associated with abandoned mine openings and mining cavities is concerned the NRW Mining Authority intends at some future point to trial commercial, radar-interferometric data with higher ground resolution and higher recording rates and also to try out photogrammetry and laser scanning-based solutions. The latter can also entail the deployment of UAVs<sup>9</sup>. Only by using a diverse range of remote sensing data will the NRW Mining Authority be able in future to operate an efficient system for monitoring those legacies of the coal mining industry that are within its jurisdiction, this being part of an overall risk management regime for abandoned mine sites.

<sup>9</sup> *Unmanned Aerial Vehicles*

Bodenbewegungskataster (BBK) interessiert, welches Geobasis NRW in naher Zukunft bereitstellen möchte. Hinsichtlich der Erfassung von kleinräumigen Bodenbewegungen im Bereich von TÖB und bergbaulichen Hohlräumen möchte die Bergbehörde NRW in Zukunft die Nutzung von kommerziellen radarinterferometrischen Daten mit höherer Bodenauflösung und höheren Aufnahmezeiten sowie die Nutzung von photogrammetrie- sowie laserscanbasierten Lösungen erproben. Letztgenannte Lösungen können auch die Nutzung von UAV<sup>9</sup> implementieren. Nur mit der Nutzung der diversen Fernerkundungsdaten wird die Bergbehörde NRW zukünftig das Monitoring der bergbaulichen Hinterlassenschaften in ihrem Zuständigkeitsbereich im Rahmen des Risikomanagements Altbergbau effizient bewerkstelligen können.

## References / Quellenverzeichnis

- (1) Kronberg, P.: Fernerkundung der Erde. Grundlagen und Methoden des Remote Sensing in der Geologie. Enke-Verlag, Stuttgart, 1985, S. 1.
- (2) Caspary, S.; Hogebe, P.; Lindner, B.; Isaac, M.: Risikomanagement Altbergbau – Erkundung und Sicherung von fünf Schächten unter einer Straßenbahn-Gleisschleife in Essen-Bredeneu unter ganz besonderen Bedingungen. In: Jahresbericht 2017 der Bergbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 2018, S. 54 ff.
- (3) Sikorski, A.; Hogebe, P.; Hoppe, U.; Neumann, H. R.; Oesterle, D.; Wagner, A.: Altbergbau in Nordrhein-Westfalen. In: Jahresbericht 2009 der Bergbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 2010, S. 18 ff.
- (4) Klöckner, T. F.: Airborne Laserscanning als ergänzende Erkundungsmethodik von bergbaubedingten Kleinformen im Bochumer Süden (Ruhrgebiet). scriptum online 08 – Geowissenschaftliche Arbeitsergebnisse aus Nordrhein-Westfalen, Geologischer Dienst NRW – Landesbetrieb, Krefeld, 2019, S. 10.
- (5) Neumann, H. R.: Altbergbau – Monitoring großflächiger Bodenbewegungen – Das Projekt „Terrafirma“. In: Jahresbericht 2010 der Bergbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 2011, S. 48 ff.
- (6) Winkelmann, M.: Markscheidewesen – Gutachten zur Nullrandproblematik im Steinkohlenbergbau. In: Jahresbericht 2017 der Bergbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 2018, S. 71 ff.
- (7) Kalia, A.: Nutzungshinweise BBD WebGIS. [www.bgr.bund.de/DE/Themen/GG\\_Fernerkundung/Downloads/nutzungshinweise-bbd-webgis.html](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/GG_Fernerkundung/Downloads/nutzungshinweise-bbd-webgis.html), Erscheinungsdatum: 20.11.2019. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 2019, aufgerufen am 31.03.2020.
- (8) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: BodenBewegungsdienst Deutschland – BBD, BBD WebGIS. <https://bodenbewegungsdienst.bgr.de/mapapps/resources/apps/bbd/index.html?lang=de>, 2019, aufgerufen am 31.03.2020.

## Authors / Autoren

BVAR'in Dipl.-Ing. Britta Lindner, AdM OBVR Martin Isaac M.Sc., Dezernat 63, Abteilung Bergbau und Energie in NRW, Bezirksregierung Arnsberg, Dortmund