

# GEFAHR AUS DER TIEFE

Satellitendaten helfen bei der Überwachung von Bergbaufolgen

Von Dr. Samuel Stettner und Martin Fleischmann

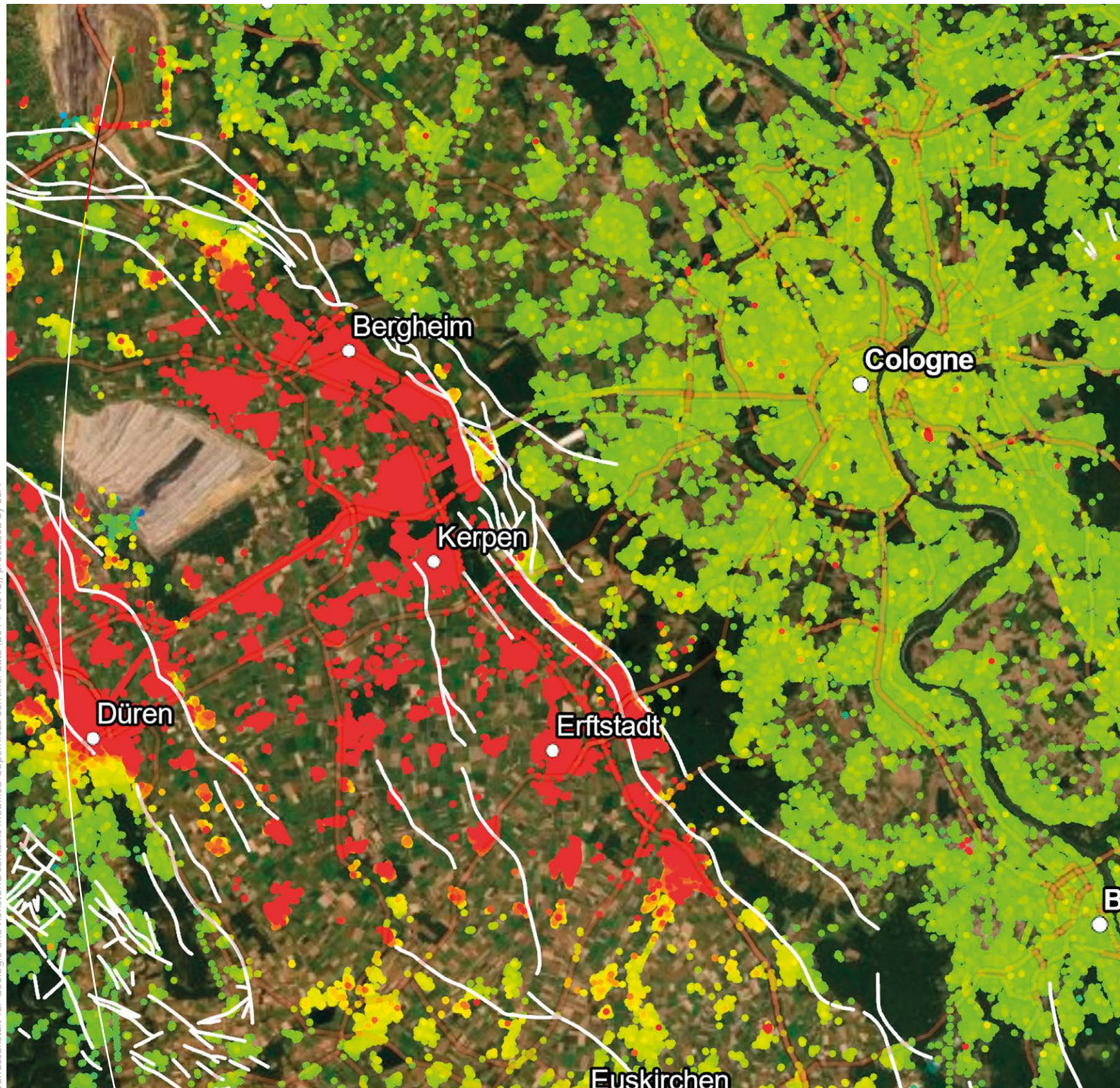
Bergbau ist in Nordrhein-Westfalen ein uraltes Handwerk: Schon im Jahr 1113 wurden in Herzogenrath bei Aachen Stollen gegraben, um dort erstmals Steinkohle aus der Erde zu holen. Seitdem prägt die Kohle das Leben im Aachener und Ruhr-Revier sowie im Oberbergischen und im Siegerland – mit starken Auswirkungen bis heute. Denn der Bergbau wurde lange Zeit mit einfachsten technischen Mitteln betrieben und Schächte und Tunnel anfangs auf keinerlei Karten verzeichnet. So kann bis heute niemand genau sagen, wo sie überall verlaufen – eine unbekannte Gefahr aus der Tiefe. Denn einstürzende Schächte und sogenannte Tagesbrüche reißen immer wieder Löcher in die Erde. Sie bedrohen private Grundstücke und Wohnhäuser sowie die öffentliche Infrastruktur. Für viele Menschen in Bergbauregionen gehören Schäden an ihren Wohnungen und Häusern zum Alltag. Denn laut einer großen Anfrage der Partei Bündnis 90/Die Grünen an die schwarz-gelbe Landesregierung kam es zwischen 2005 und 2016 zu rund 1.900 Tagesbrüchen – jeden zweiten Tag einer. Kein Wunder, denn im bevölkerungsreichsten Bundesland gibt es rund 60.000 verlassene Tagesöffnungen. Rund 1.000 dieser Schächte gelten als „langfristig nicht zu akzeptierendes Risiko“, weil mit Einsturz gerechnet wird. Besonders gefährlich ist der oberflächennahe Altbergbau, der in Nordrhein-Westfalen eine Fläche von 313 Quadratkilometern untergraben hat – 63 davon allein in Bochum, was 43 Prozent des Stadtgebiets ausmacht. Doch neben einstürzenden Schächten führen auch durch den Kohleabbau verursachte Änderungen des Grundwasserspiegels, auch Sumpfung genannt, zu Problemen – vor allem im Bereich von Braunkohletagebau. Treten solche Bodenbewegungen in Bereichen von tektonischen Störungen auf, können Schäden an Gebäuden entstehen, die oft nur mit aufwändigen und teuren Messungen auf bergbaubedingte Veränderungen zurückgeführt werden können. Hier können Satellitendaten helfen, die komplexen Zusammenhänge aufzuklären.

## DANGER FROM THE DEPTHS

Satellite data assist in monitoring mining damage

By Dr Samuel Stettner and Martin Fleischmann

Mining is an ancient practice in the German state of North Rhine-Westphalia. People began digging tunnels in Herzogenrath, near Aachen, in order to extract hard coal from the ground for the first time as early as in the year 1113. Ever since, coal has shaped life in the Aachen, Ruhr, Oberbergischer Kreis and Siegerland regions, and its impact is felt to this day. For a long time, mining was carried out using very simple techniques and the shafts and tunnels were not recorded on any maps. Even today, their locations are not precisely known, but they represent a real danger hiding in the depths. Collapsed mineshafts and sinkholes can lead to openings in the ground that pose major risks to private property, residential buildings and public infrastructure. Damage to homes has become a part of everyday life for many people in mining regions. According to a study carried out by Alliance 90 / The Greens on behalf of the state government, approximately 1900 sinkholes formed between 2005 and 2016 – one every other day. This is not surprising as there are around 60,000 abandoned mine entrances in Germany's most populous state. Due to their expected collapse, approximately 1000 of these shafts are considered an 'unacceptable long-term risk'. Abandoned near-surface mines are particularly dangerous, and 313 square kilometres of North Rhine-Westphalia were once undercut for mining in this way. Of this area, 63 square kilometres lie in Bochum, a region that accounts for 43 percent of the state's urban area. In addition to collapsing mineshafts, mining-related changes to the groundwater table caused by sump dewatering can also lead to issues, especially if the area has been used for the opencast mining of lignite. If such ground movements occur in areas that experience tectonic disturbances, they can cause damage to buildings that can only be traced back to the effects of mining by conducting time-consuming and expensive investigations. Satellite data can help to clarify the complex interrelationships between these factors.



Mit Radardaten des Sentinel-1-Satelliten hat die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zwischen 2014 und 2018 die Bodenbewegungen in Deutschland genau ermittelt. Der Bodenbewegungsdienst der BGR zeigt hier in Rot Absenkungen durch Grundwasserabsenkungen am Tagebau Hambach.

Using radar data from the Sentinel-1 satellite, the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) has accurately measured ground movements in Germany between 2014 and 2018. The subsidence caused by lowering groundwater levels at the Hambach opencast mine is shown here in red by the ground movement service (Bodenbewegungsdienst) of the BGR.





Unter Nordrhein-Westfalen wird seit dem Jahr 1113 nach Kohle gegraben. Rund 60.000 dieser verlassenen Tagesöffnungen gibt es in dem Bundesland. Einige davon sind bis heute nicht kartografiert.

Coal has been extracted from under North Rhine-Westphalia since the year 1113. There are about 60,000 abandoned mineshafts in the state. Some of them remained unmapped until today.



Tagesbrüche verursachen immer wieder starke Schäden wie aus dem Nichts. Hier in Bochum-Wattenscheid riss im Jahr 2000 ein riesiger Krater drei Garagen und Teile des Gartens in die Tiefe – ein Schaden in Millionenhöhe.

Sinkholes repeatedly cause severe damage without warning. The huge crater shown here in Bochum-Wattenscheid in 2000 pulled down three garages and parts of a garden – a damage running into millions.

## Bodenbewegungen aus dem All überwachen

Bergbaubedingte Bodenbewegungen und ihre Folgen stellen uns vor Herausforderungen, deren Gefahren wir frühzeitig erkennen und bewerten müssen und für die wir moderne Planungs- und Sicherungsmaßnahmen benötigen. Neben vielen konventionellen Methoden stehen nun neue, moderne Verfahren zur Beobachtung bergbaulicher Anlagen und Betriebe sowie ihrer Umweltauswirkungen zur Verfügung. Satellitendaten bieten in diesem Zusammenhang ein enormes Potenzial, um die Auswirkungen des Bergbaus zu erkennen, besser zu verstehen und Gefahren zu vermeiden. Ein gutes Beispiel ist hier Nordrhein-Westfalen, wo die Folgen des Steinkohleberg- und des Braunkohletagebaus Land und Menschen täglich neu herausfordern. Sie verursachen Bodenbewegungen und gefährden so Bevölkerung und Infrastruktur. Satelliten sollen kontinuierlich diese Bewegungen messen, um Licht ins Dunkel unentdeckter Schächte zu bringen und Auswirkungen des Bergbaus auf die Oberfläche zu überwachen. Die Stadt Dortmund will gemeinsam mit Bochum und anderen Städten im Ruhrgebiet beispielsweise ein Frühwarnsystem für Bergbauschäden aufbauen, das auf diese satellitengestützten Messungen aufbaut. Auch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) veröffentlichte erst 2019 ein neues Überwachungssystem auf Basis der Daten des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus.

## Mit Satellitendaten Gefahren durch Bergbaufolgen erkennen

Satelliten liefern flächendeckend räumlich hochaufgelöste, aktuelle Langzeitinformationen. Doch wie lassen sich die Folgen und Risiken des Bergbaus vom All aus untersuchen? Konventionell werden Bewegungsprozesse im Zusammenhang mit der Untertagenutzung oder relevanter Infrastruktur wie Deichen und Brücken mit klassischen Vermessungsmethoden überwacht. Dafür sind allerdings zeitaufwändige Begehungen der entsprechenden Zonen nötig. Der Blick aus dem All deckt hingegen große Gebiete wie zum Beispiel das Ruhrgebiet mehrmals pro Woche komplett ab. Moderne satellitengestützte Methoden wie die SAR-Interferometrie aus Radardaten vermessen kosteneffizient Bodenbewegungen mit hoher Präzision. Nachbergbaufolgen, Schädigungen von Pflanzen nach Grubenwasseranstieg, Überflutungen durch Grubenwasseraustritt, Neigungen von Gebäuden durch Bodenbewegung, oder die Sicherheit von Dämmen in Rückhaltebecken können so jederzeit überwacht werden. Damit liefern diese Daten aus dem All wichtige Details über genau die Gebiete, die von Veränderungen durch den Bergbau betroffen sind. Ihre Nutzung wird dabei immer einfacher, weil stetig mehr Informationen aus nationalen Missionen wie den deutschen TerraSAR-X und TanDEM-X-Satelliten sowie internationalen Programmen wie der Copernicus-Mission Sentinel-1 in immer besserer Qualität zur Verfügung stehen. Zudem bieten Unternehmen auf Grundlage von Raum-, Umwelt- und Satellitendaten wichtige Dienstleistungen im Bereich Bergbausicherheit an. Für Städte und Gemeinden, Bergbauunternehmen sowie für die Bürgerinnen und Bürger ergeben sich nun völlig neue Möglichkeiten. Sie können künftige Bauten besser planen, Infrastruktur effizienter sichern oder sich einfacher über die Situation vor ihrer Haustür informieren.

## Monitoring ground movements from space

Recognising and assessing the risks and consequences of mining-related ground movements presents a challenge and requires the extensive use of planning and safety technologies. In addition to the range of conventional methods, there are many new tools available for monitoring mining facilities and operations and their environmental impact. The use of satellite data, for instance, offers great potential for monitoring and understanding the effects of mining and avoiding the potential dangers. One region for which this could be particularly helpful is the German state of North Rhine-Westphalia. Here, the consequences of hard coal and open-surface lignite mining are felt on a daily basis, as ground movements caused by these activities continue to endanger both inhabitants and infrastructure. Satellites are able to continuously monitor these movements and identify the effects of mining on the surface at an early stage. The city of Dortmund, together with Bochum and other cities in the Ruhr region, intends to establish an early warning system for mining-related damage based on these satellite-based measurements. The Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; BGR) published a new monitoring system based on data from the European Earth observation programme Copernicus in 2019.

## Satellite data identify risks of mining impacts

Satellites can provide comprehensive, up-to-date long-term information with a high spatial resolution. But how can measurements made from space help investigate the risks and consequences of mining? Conventionally, movement processes associated with underground tunnels, or infrastructure such as dykes and bridges are monitored using classical surveying methods. However, this requires time-consuming inspections of the affected areas. In contrast, observations from space can capture large regions such as the Ruhr in their entirety multiple times each week. Modern satellite-based methods such as Synthetic Aperture Radar (SAR) interferometry use radar data to measure ground movements cost-effectively and with a high degree of precision. These data make it possible to continuously monitor the consequences of mining-related changes in former mining areas, such as damage to vegetation caused by rising ground water, flooding resulting from leakage of mine water, subsiding buildings and dam safety in retention basins. It is also becoming ever easier to use such data, as more and higher quality information is being provided by German missions such as the TerraSAR-X and TanDEM-X satellites and international programmes such as the Copernicus Sentinel-1 satellites. Companies are also offering important services based on spatial, environmental and satellite data in the field of mining safety. These new opportunities can be harnessed for the benefit of towns and cities, mining companies and the general public. They enable more effective planning of buildings, more efficient protection of infrastructure, and greater access to information for the public about the situation in their local area.



RAG AG

Dipl.-Ing. Stefan Hager

## COUNTDOWN-Interview mit Stefan Hager

Dipl.-Ing. Stefan Hager ist Bergbau-Vermessungsingenieur (Marktscheider) und Direktor des Bereichs Standort- und Geodienste der RAG AG. In dieser Funktion ist er verantwortlich für die Bearbeitung vieler Bergbaufolgen, aber auch der Geodaten des Konzerns.

### Herr Hager, warum benutzen Sie Satellitendaten für das Thema Bergbausicherheit?

: Nach über 200 Jahren wurde die Gewinnung von Steinkohle in Deutschland Ende 2018 eingestellt. Der Abbau von Steinkohle verursacht Senkungen an der Tagesoberfläche, eventuell auch Bergschäden. Lange Zeit lag der Schwerpunkt auf der klassischen Vermessung der kleinräumigen Auswirkungen der einzelnen Abbaubetriebe. In den 1980er-Jahren kamen die Auswirkungen auf Natur und Umwelt hinzu. Planfeststellungsverfahren mit UVP und Monitoring-Prozesse wurden zum Standard bei bergbaulichen Vorhaben. Der Blick erweiterte sich auf ganze Bergwerke. Ab 1983 wurden im Rahmen von ersten Projekten Landsat-4 TM- und MSS-Daten getestet. Seit rund 30 Jahren nutzen wir optische und Radar-Satellitendaten, um die Auswirkungen des Abbaus zu erfassen. In den 1990er-Jahren folgten auch Projekte mit dem DLR, zum Beispiel das Projekt RUHRGEBIET. Satellitendaten sind seither Kern des Monitorings der Bergbauauswirkungen und der Prognose künftiger Veränderungen.

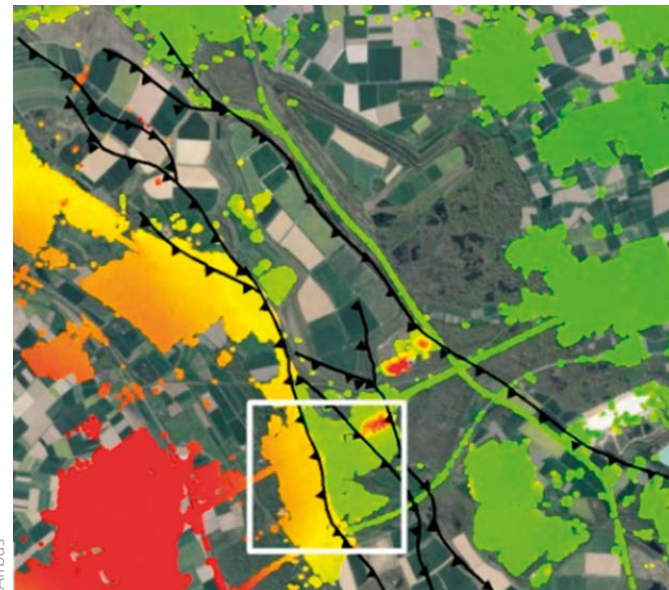
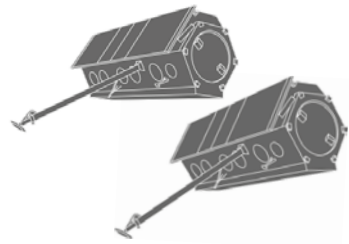
## COUNTDOWN - Interview with Stefan Hager

Stefan Hager is a mining surveyor and Director of the Site and Geoservices Department at RAG AG. Here, he is responsible for dealing with the consequences of mining and handling the company's geodata.

### Mr Hager, why do you use satellite data to ensure mining safety?

: The mining of hard coal was discontinued in Germany at the end of 2018, after more than 200 years. Hard coal mining causes surface subsidence and possibly mining-related damage. For a long time, the focus was on conventional surveying to deal with the small-scale effects of individual mining operations. In the 1980s, the impact on nature and the environment were added. Planning approval processes using Environmental Impact Assessments (EIAs) and monitoring procedures have become standard in mining. Nowadays, however, we look at mines as a whole. From 1983 onwards, Landsat-4 Thematic Mapper (TM) and Multispectral Scanner (MSS) data were tested as part of initial projects. We have been using optical and radar satellite data to capture the effects of mining for about 30 years now. In the 1990s, these early efforts were followed by various DLR projects such as RUHRGEBIET. Since then, satellite data have been at the heart of work to monitor the effects of mining and predict future changes.

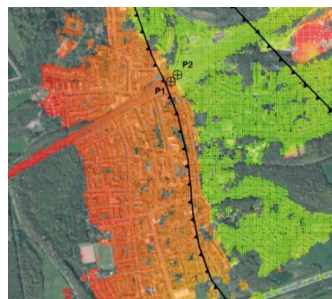




Airbus

Vertikale Bodenbewegungen wie hier am „Horremer Sprung“ im Rheinischen Revier von Februar 2015 bis März 2016 können dank der Persistent-Scatterer-Methode (PSI) hochaufgelöst abgebildet werden. So können Bewegungen einzelner Objekte sehr detailliert und konsistent erfasst werden. Die Daten stammen von dem deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und wurden von Airbus prozessiert.

Vertical ground movements such as this one occurring at the 'Horremer Sprung' in the Rhenish mining area from February 2015 to March 2016, can be mapped with high resolution using Persistent Scatterer Interferometry (PSI). This makes it possible to continuously record the movements of individual objects in great detail. These data were acquired by the German radar satellite TerraSAR-X and processed by Airbus.

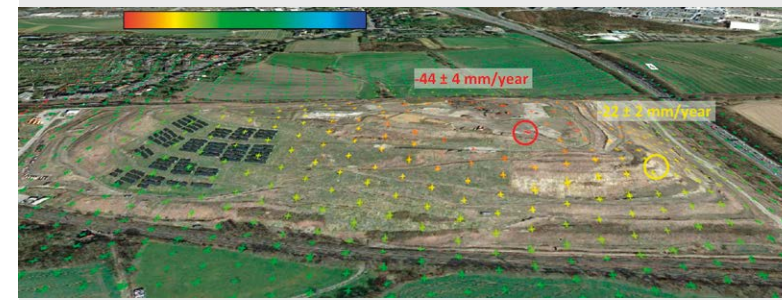


## Wie werden Bodenbewegungen aus Satellitendaten abgeleitet?

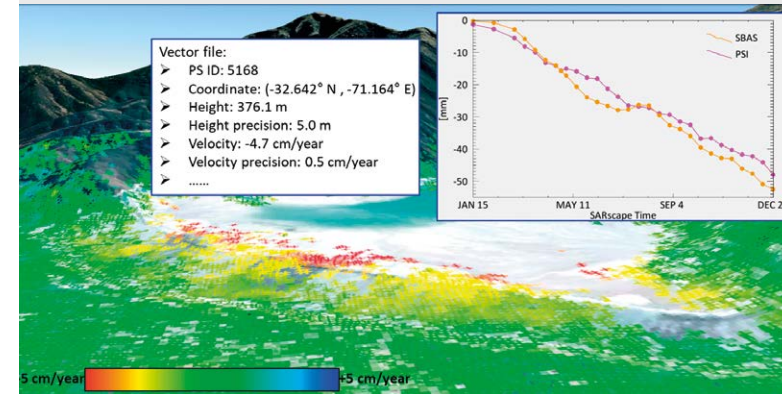
Radarsatelliten senden Tag und Nacht elektromagnetische Impulse aus. Die von der Erdoberfläche zurückgestreute Strahlung wird wetterunabhängig vom gleichen Sensor wieder empfangen und verarbeitet. Die Signale sind eine komplexe Mischung aus Rückstreuung und Wellenphase, mit deren Informationen Rückschlüsse über die Beschaffenheit der Erdoberfläche wie Rauigkeit und Feuchte bestimmt werden können. Durch verschiedene Messverfahren zur vergleichenden Analyse von Bildpaaren und Zeitreihen der deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X entstehen einzigartige Datensätze, um die Topografie unseres Planeten komplett und höchstgenau abzubilden. Die klassische differentielle SAR-Interferometrie (DInSAR) vergleicht Datensätze verschiedener Zeitpunkte, um Veränderungen der Erdoberfläche aufzuspüren. Liegen besonders lange Zeitreihen vor, können kleinste Bodenbewegungen bis in den Millimeter-Bereich hinein mit der Persistent Scatterer Methode (PSI) bestimmt werden. Diese Methode eignet sich ideal, um kontinuierliche Veränderungen im Nachbergbau, wie sie beispielsweise beim Grubenwasseranstieg auftreten, systematisch zu überwachen. Besonders verlässlich funktioniert diese Methode, wenn die Oberfläche möglichst vegetationslos und bebaut ist. Im Ruhrgebiet stehen hierfür also gute Ausgangsbedingungen bereit. Aber auch an neuen Methoden wie SqueeSAR wird momentan gearbeitet, um verlässliche und günstige Daten über Bodenbewegungen auch für ländliche Gebiete per Satellit zu erhalten.

## Bewegt sich der Boden unter meinen Füßen?

Durch Copernicus stehen flächendeckend Informationen der Radarsatelliten Sentinel-1 zur Verfügung, die für die kontinuierliche Kontrolle in ehemaligen Abbaugebieten – dem sogenannten Nachbergbau – genutzt werden können. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe ist eine dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie untergeordnete Behörde und hat im letzten Jahr den Bodenbewegungsdienst Deutschland (BBD) veröffentlicht. Der BBD-Kernsatz basiert auf bundesweiten Sentinel-1-Daten, die mittels PSI-Verfahren verarbeitet werden. Neben diesen regelmäßig aktualisierten Informationen können ausgewählte Regionen zusätzlich auf TerraSAR-X- und TanDEM-X-Material in hoher räumlicher Auflösung zugreifen. Die erzeugten Produkte können unter anderem von Behörden zur verbesserten Gefahrenabwehr sowie zur Raum- und Stadtplanung eingesetzt werden. Zusätzlich werden zum Beispiel beim Bodenbewegungskataster des Landes Nordrhein-Westfalen die abgeleiteten Satelliteninformationen mit anderen unabhängigen Datensätzen klassischer Methoden verknüpft – mit einem enormen Mehrwert für die zuständigen Behörden.



EFTAS



EFTAS

Kleinste Bewegungen an Dammbauwerken können aus dem All mit Radardaten erfasst werden. Das Beispiel zeigt Bewegungen an der Dammkrone eines Bauwerkes nahe der Ortschaft El Melón in Chile.

Radar data acquired from space can detect the smallest changes to dam structures. This example shows movements at the top of a dam near the village of El Melón in Chile.

## How are ground movements determined using satellite data?

Radar satellites emit electromagnetic pulses and receive and process the radiation scattered back from Earth's surface. Their sensors are capable of operating day and night, independent of weather conditions. The complex mix of backscattered intensity and wave phases that make up the returning signal provides information that allows experts to draw conclusions about the nature of Earth's surface, such as its roughness and moisture content. The comparative analysis of image pairs and time series produced by the German radar satellites TerraSAR-X and TanDEM-X produces uniquely effective data sets for the complete and high-precision mapping of our planet's topography. Classic differential SAR interferometry (DInSAR) compares radar data sets at different points in time in order to detect changes to Earth's surface. If these data sets span long enough timeframes, ground movements on the scale of millimetres can be detected. Persistent Scatterer Interferometry (PSI) is ideal for monitoring changes in built-up former mining areas with minimal vegetation, such as the densely populated Ruhr region. This technique can monitor effects such as the results of rising mine water on a systematic, ongoing basis. New approaches from the field of interferometry promise reliable, cost-effective satellite data about ground movements for rural areas with more vegetation as well.

## Is the ground moving beneath my feet?

The Copernicus programme provides comprehensive information from the Sentinel-1 radar satellites that can be used for the continuous surveillance of former mining areas, known as post-mining. The BGR is an authority under the German Federal Ministry for Economic Affairs

## Für welche Themen in der Bergbausicherheit ist die Nutzung von Erdbeobachtungsdaten besonders wichtig?

: Nach der Stilllegung der Bergwerke bleibt die Optimierung der Grubenwasserhaltung eine langfristige Aufgabe. Der Fokus liegt auf der Erfassung von Geländehebungen als Folge eines Grubenwasseranstiegs. Diese sind um Zehnerpotenzen geringer als beim Abbau und auch homogen. Auch wenn wir keine Bergschäden erwarten, bleibt ein leistungsstarkes Monitoring wesentlich für die Akzeptanz unserer Vorhaben, insbesondere aber, um frühzeitig schädliche Abweichungen von den Prognosen zu erkennen. Vor allem die Radarsatellitentechnik, die sich durch eine dichte Datenverfügbarkeit über große Bereiche bei hoher Messgenauigkeit von kleinsten Bewegungen auszeichnet, ist dabei im Einsatz. Iterative Beobachtungen und immer robustere Analysen verbessern die Überwachungsverfahren. Der Betrachtungsbereich ist jetzt die gesamte Lagerstätte im Ruhrgebiet. Hier sind Satellitendaten praktisch alternativlos.

## In which areas of mining safety is the use of Earth observation data particularly important?

: Optimising mine water management remains a long-term task following the closure of mines. The focus is on detecting ground uplift as the result of a rise in mine water levels. Such occurrences are orders of magnitude lower than during active mining, and they tend to be homogeneous. Even if we do not expect any mining damage to occur, high-performance monitoring remains vital to the acceptance of our projects, especially if we are to identify harmful deviations from the forecasts at an early stage. Radar satellite technology proves particularly useful, as it provides high-resolution data over large areas, with good measurement accuracy for even the smallest movements. Iterative observations and increasingly robust analyses improve monitoring procedures. The observation area now covers all mining sites in the Ruhr region. There is no practical alternative to satellite data in this area.

## Wie verändert der Blick aus dem All Ihre Arbeit?

: Der Blick aus dem All ermöglicht es uns, effizient die bergbaubedingten Auswirkungen als Ganzes zu erfassen. Dank der heutigen Sensorvielfalt und der mittlerweile hohen Bodenauflösungen sind wir in der Lage, selbst lokale Besonderheiten messtechnisch auszuwerten. Dass sich die Erde, auf der wir leben, bewegt, ist in den Geowissenschaften schon lange bekannt. Heute arbeiten wir in einem Bereich, in dem wir auch die geogenen Bewegungen der Erde miterfassen. Zu unseren Aufgaben gehört es neben der Selektion der anthropogenen Veränderungen, die Ergebnisse auch unseren teils kritischen Stakeholdern zu erklären. Dazu eignen sich entsprechend aufbereitete Satellitendaten hervorragend.

## How has having a view from space changed your work?

: Having a view from space gives us a proper understanding of mining-related effects as a whole. Thanks to today's variety of sensors and high ground resolution, we are able to evaluate even local events metrologically. Geoscientists have long been aware that the ground on which we live is moving. Today we work in an area in which we also record the geogenic movements of the ground. In addition to determining anthropogenic changes, one of our tasks is to explain the results to our stakeholders, some of whom are critical. Appropriately prepared satellite data are ideally suited for this purpose.



Das Abbaugelände von Bento Rodrigues und der Damm des Absatzbeckens sind gut von Satelliten zu erkennen. Radardaten aus dem All können dabei helfen, auf Bewegungen an Dammbauwerken vor einer Katastrophe hinzuweisen. Die Firma EFTAS aus Münster hat mit Sentinel-1-Daten am Dammbauwerk Bento Rodrigues eine kontinuierliche Absenkung von 20 Millimetern zwischen dem 8. Mai und dem 4. November 2015 nachgewiesen. Einen Tag später brach der Damm.

The mining region of Bento Rodrigues and its dam can be clearly seen by satellites. Radar data from space can help to indicate changes in dam structures before a disaster. The company EFTAS from Münster used Sentinel-1 data to demonstrate a continuous 20-millimetre subsidence at the Bento Rodrigues dam between 8 May and 4 November 2015 – one day prior to its collapse.



EFTAS

Rund 400 Experten aus ganz Deutschland trafen sich vom 10. bis 13. September 2019 an der Technischen Hochschule Georg Agricola (THGA) in Bochum zur Fachtagung „Bergbau, Energie, Rohstoffe“. Im Bild: Podiumsdiskussion zum Thema „Energiesicherheit in Deutschland“ mit (v.l.n.r.) Dr. Walther Pelzer, DLR-Vorstand zuständig für der Raumfahrtmanagement, Jeanette Kuhn, Moderation, Prof. Andreas Pinkwart, Minister für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie in Nordrhein-Westfalen, Wibke Brems, Mitglied des Landtags Nordrhein-Westfalen für Bündnis 90/Die Grünen, Dr. Klaus Freytag, Beauftragter der brandenburgischen Landesregierung für die Lausitz, Dr. Thorsten Diercks, Hauptgeschäftsführer Vereinigung Rohstoffe und Bergbau/Debriv

Around 400 experts from across Germany met from 10 to 13 September 2019 at the Technische Hochschule Georg Agricola (THGA) in Bochum for the symposium 'Mining, Energy, Raw Materials'. In the image: Panel discussion on the topic of 'Energy Security in Germany' with (from left to right): Dr Walther Pelzer, DLR Executive Board member responsible for the Space Administration; Jeanette Kuhn, moderator; Prof. Andreas Pinkwart, Minister of Economic Affairs, Innovation, Digitalisation and Energy of the State of North Rhine-Westphalia; Wibke Brems, Member of the State Parliament of North Rhine-Westphalia for Bündnis 90/The Greens; Dr Klaus Freytag, Representative of the Prime Minister for the Region of Lusatia, State Chancellery of the State of Brandenburg; Dr Thorsten Diercks, Managing Director of the German Raw Materials and Mining Association / DEBRIV

## Wie können Satelliten Sicherheitskonzepte im Bergbau unterstützen?

Mit Radardaten werden auch weltweit kritische Infrastrukturen überwacht und Veränderungen von wenigen Millimetern frühzeitig erkannt. Diese Verfahren sind auch für den Bergbau interessant, um Dämme für Absatzbecken in Gebieten mit Minenaktivität ständig zu beobachten. Denn solche Bauwerke sind in der Vergangenheit oftmals kollabiert, was zu katastrophalen Schäden und dem Verlust von Menschenleben geführt hat. So auch bei dem Dambruch von Bento Rodrigues in Brasilien, bei dem 19 Menschen starben und das Flusssystem auf 666 Kilometer Länge versucht sowie Meeresschutzgebiete von den giftigen Schlammmassen bedroht wurden. Als Folge der Katastrophe untersucht die Firma EFTAS aus Münster jetzt in dem EU-Projekt STINGS, wie die Sicherheit von Absatzbecken mit dem Einsatz von Radardaten besser unterstützt werden kann. Mit Sentinel-1-Daten wurde so am Dammbauwerk bei Bento Rodrigues eine kontinuierliche Absenkung von 20 Millimetern zwischen dem 8. Mai und dem 4. November 2015 nachgewiesen – einen Tag, bevor der Damm brach.

## Nachwuchs und Fortbildung

Damit in Zukunft noch mehr Menschen die vielfältigen Möglichkeiten von Radardaten nutzen und neue Ideen entwickeln können, wie Satellitendaten uns auf der Erde helfen, muss das Verständnis für die Daten und ihre Bearbeitung vermittelt werden. Diese zentrale Arbeit wird immer häufiger über digitale Plattformen geschaffen. Das sogenannte EO-College ist eine zentrale Anlaufstelle für solche Lernangebote und bietet vielfältige Weiterbildungsmöglichkeiten für die Radarfernerkundung. Hier gibt es auch einen durch die ESA finanzierten Online-Kurs „Echoes in Space“ nur zu Themen der Radarfernerkundung.



RAG

and Energy (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; BMWi), and last year launched the German Ground Movement Service (Boden-Bewegungsdienst Deutschland; BBD). The BBD's core data set is based on nationwide Sentinel-1 data processed using PSI. In addition to this regularly updated information, selected regions can also access data acquired by TerraSAR-X and TanDEM-X at high spatial resolution. The generated information can be used by the authorities to improve hazard prevention, land development and urban planning. It can also be used alongside other independent data sets compiled using more conventional methods, such as the ground movement register of the state of North Rhine-Westphalia, to provide added value for the relevant authorities.

## How can satellites support safety monitoring in mining?

The ability to detect changes to Earth's surface with millimetre precision using radar data makes it possible to monitor critical infrastructure worldwide. This technology is also of interest to the mining industry itself. For instance, this technology can be used to continuously survey retention basin tailing dams in areas of ongoing mining activity. In the past, the collapse of such structures has often caused catastrophic damage and loss of human life. The failure of the Bento Rodrigues tailings dam in Brazil, which burst in 2015, killed 19 people and contaminated the river ecosystem over a length of 666 kilometres, threatening protected marine areas with toxic sludge. The use of radar data acquired from space could help prevent such disasters. The Münster-based company EFTAS has used Sentinel-1 data to demonstrate that the Bento Rodrigues dam sank 20 millimetres between 8 May and 4 November 2015 – the day before it collapsed.

## Young talent and continued training

Fostering a wider understanding of how satellite radar data can be used and processed is vital to ensure that more people can utilise them and develop new ideas on how satellite data can benefit Earth. This important task is increasingly being accomplished outside of universities, via online digital learning platforms. The EO College is a central point of contact for such learning opportunities in Germany and offers a wealth of training opportunities in Earth observation.

## Die Anzahl an Erdbeobachtungssatelliten und der Strom an Informationen über unsere Erdoberfläche nehmen stetig zu. Was bedeutet das in Ihren Augen für das Thema Bergbausicherheit?

: Der Bergbau hat bei der Nutzung von Satellitendaten sicher eine Vorreiterstellung bei der Erfassung von Erdbewegungen eingenommen. Multispektraldaten und Radarinterferometrie führten zu einem wesentlich besseren Verständnis bergbauinduzierter Auswirkungen. Das rasant steigende Informationsangebot stellt uns immer wieder vor neue Herausforderungen, macht die Arbeit aber auch spannend und die Ergebnisse und Prognosen genauer. Deshalb hält die RAG die notwendigen Wissensmanagementsysteme – vor allem aber hochqualifizierte Mitarbeiter mit dem erforderlichen Knowhow – vor. Die jahrzehntelange Erfahrung der RAG im Umgang mit Satellitendaten zahlt sich somit auch nach Abbauende noch aus.

## The number of Earth observation satellites and the flow of information about the planet's surface are steadily increasing. What do you think this means for mining safety?

: The mining industry has undoubtedly played a pioneering role in the use of satellite data to record movements of Earth's surface. Currently, the focus is on the combination and optimisation of GNSS positioning, multi-spectral data and radar-interferometric evaluations to determine mining consequences. The rapidly increasing amount of information constantly presents us with new challenges, but it also makes our work exciting and our findings and forecasts more accurate. For this reason, RAG maintains the necessary knowledge management systems – but above all, highly qualified staff with the necessary expertise. RAG's decades of experience in dealing with satellite data thus continues to be valuable, even after mining operations have ended.

<http://bodenbewegungsdienst.bgr.de>



<https://eitrawmaterials.eu/project/stings/>



<https://eo-college.org/>



Autor: Dr. Samuel Stettner (links) arbeitet in der Fachgruppe Datennutzung und Anwendungsentwicklung in der Abteilung Erdbeobachtung im DLR Raumfahrtmanagement. Hier unterstützt er wissenschaftliche, kommerzielle und behördliche Anwender bei der Nutzung und Entwicklung von Methoden der Radarfernerkundung. Martin Fleischmann ist COUNTDOWN-Chefredakteur der in der Abteilung Strategie und Kommunikation.

Author: Dr Samuel Stettner (left) is a member of the EO-Applications Group within the Earth Observation Department at the DLR Space Administration. Here, he supports scientific, commercial and governmental bodies in the use and development of radar remote sensing techniques. Martin Fleischmann works in the Strategy and Communications department and is editor-in-chief of COUNTDOWN.