

Disastrous consequences of geotechnical instabilities due to open-pit mining: first results from SARKI4Tagebaufolgen project

Mahdi Motagh^{1,2}, Andreas Piter², Mahmud Haghghi² and Magdalena Vassileva^{1,2}

¹GFZ German Research Centre for Geosciences

²Leibniz University Hannover



what is Germany known for?

ChatGPT

- 1.Engineering and Technological Innovations:** Germany is renowned for its engineering prowess and technological advancements. The country is home to several leading global companies in sectors such as automotive manufacturing, machinery, precision instruments, chemicals, and pharmaceuticals.
- 2.Automobile Industry:** Germany is famous for its automotive industry, with iconic brands like Mercedes-Benz, BMW, Audi, and Volkswagen originating from the country. German cars are often associated with high quality, precision engineering, and innovative design.
- 3.Beer and Oktoberfest:** Germany has a rich beer culture, and German beers, such as Pilsner and Hefeweizen, are highly regarded worldwide. The country is also famous for Oktoberfest, the world's largest beer festival held annually in Munich.
- 4.Soccer:** Germany has a strong tradition in soccer (football) and has produced successful teams and players over the years. The German national team has won multiple FIFA World Cup titles, and the Bundesliga, Germany's top professional soccer league, is widely followed.
- 5.Music:** Germany has made significant contributions to classical music with composers like Johann Sebastian Bach, Ludwig van Beethoven, and Richard Wagner. The country is also renowned for its electronic music scene, including influential genres like techno and house.
- 6.Castles and Historical Sites:** Germany is home to numerous castles, palaces, and historical landmarks. The fairytale-like Neuschwanstein Castle, located in Bavaria, is one of the most famous tourist destinations in the country.
- 7.Christmas Markets:** Germany is known for its enchanting Christmas markets, particularly in cities like Nuremberg, Dresden, and Cologne. These markets offer festive atmospheres with various stalls selling crafts, food, and mulled wine during the holiday season.
- 8.Efficiency and Precision:** Germans are often associated with traits like efficiency, punctuality, and precision. The concept of "German engineering" reflects the reputation for high-quality manufacturing and attention to detail.
- 9.Renewable Energy:** Germany has been a global leader in renewable energy initiatives, particularly in solar and wind power. The country has made significant investments in sustainable technologies and has been at the forefront of the energy transition.
- 10.Historical Figures and Philosophers:** Germany has been home to influential figures in philosophy, literature, and science. Thinkers like Immanuel Kant, Friedrich Nietzsche, Johann Wolfgang von Goethe, and Albert Einstein have shaped intellectual and cultural discourse.



Is Germany well known for subsidence?

ChatGPT

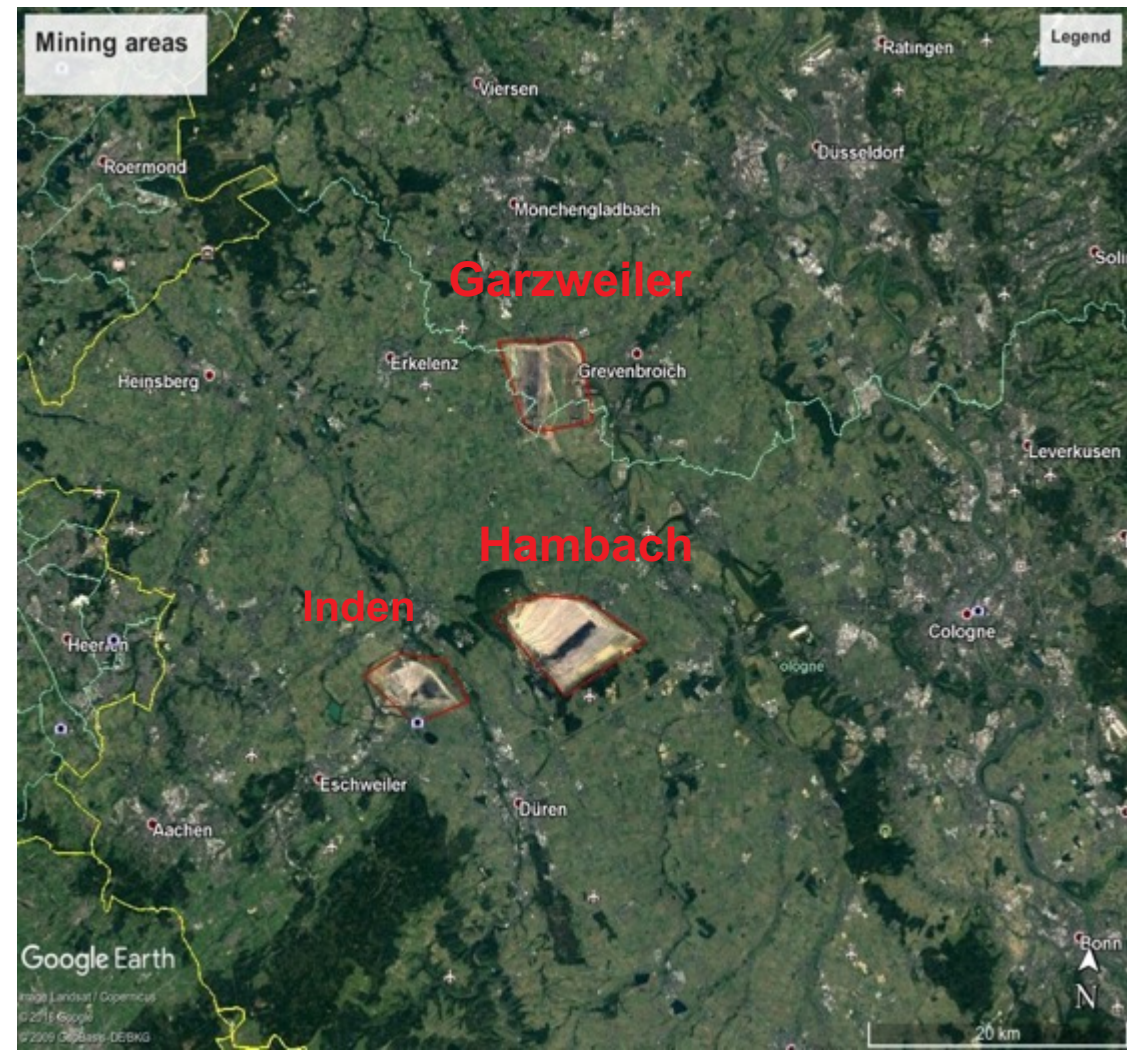
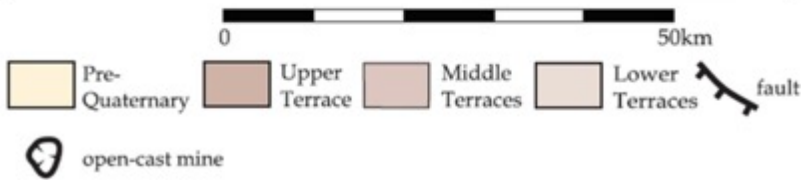
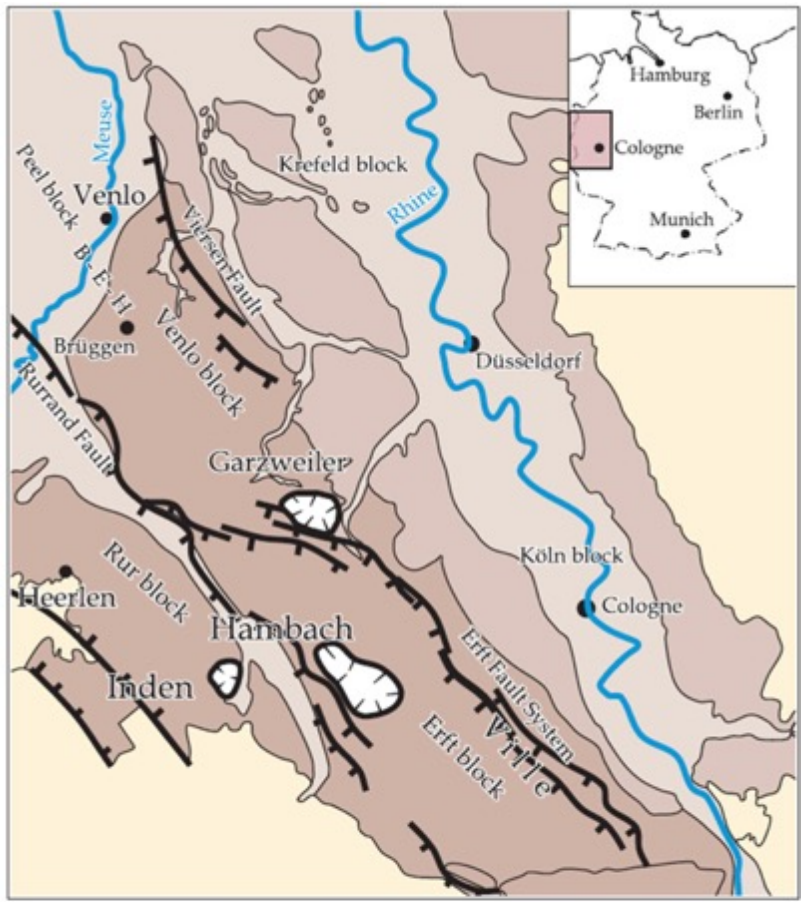
Germany is not generally well known for subsidence. Subsidence refers to the gradual sinking or settling of the Earth's surface, usually as a result of underground geological processes, such as the collapse of underground mines or the extraction of natural resources like oil and gas.

While Germany has a history of mining activities, **particularly in regions like the Ruhr Valley and the Saarland, subsidence issues are not widespread or prominent throughout the country.** These regions have experienced some localized instances of subsidence due to mining activities, but they are well-managed and monitored.

However, it's worth noting that Germany is known for its diverse geology and has a range of geological hazards, including potential sinkholes in certain areas. Sinkholes can occur when underground water dissolves soluble rocks such as limestone or gypsum, leading to the collapse of the surface. However, sinkholes are relatively rare and limited to specific regions rather than being a nationwide issue in Germany.

Overall, **while Germany has some localized instances of subsidence and occasional sinkhole occurrences, it is not widely recognized as a country particularly prone to subsidence compared to other regions** with more significant geological risks.

Open-pit mining in Germany



Garzweiler



Hambach

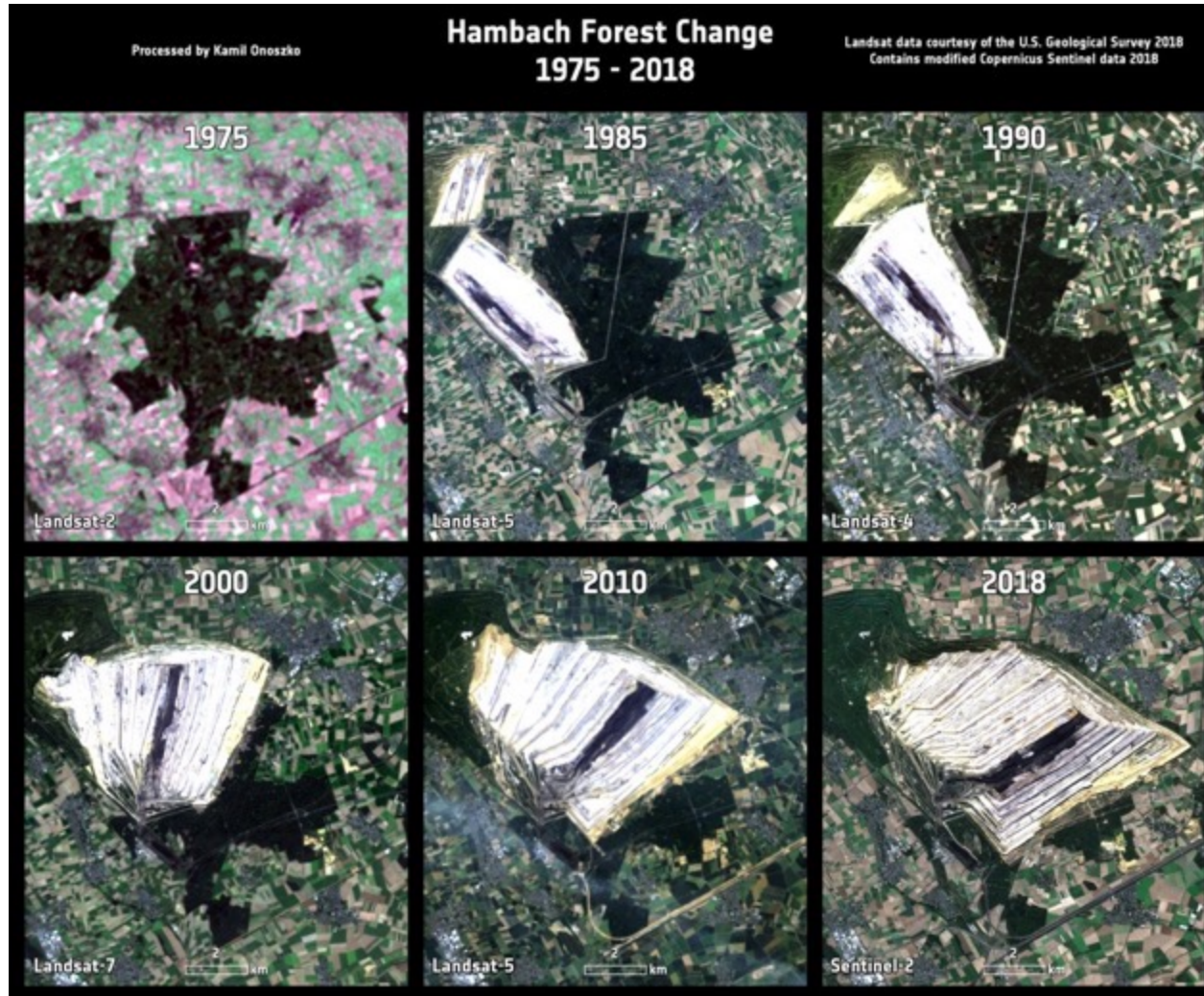


Inden



Located in North Rhine-Westphalia, Germany
 Produce lignite mine

Deforestation in Hambach area



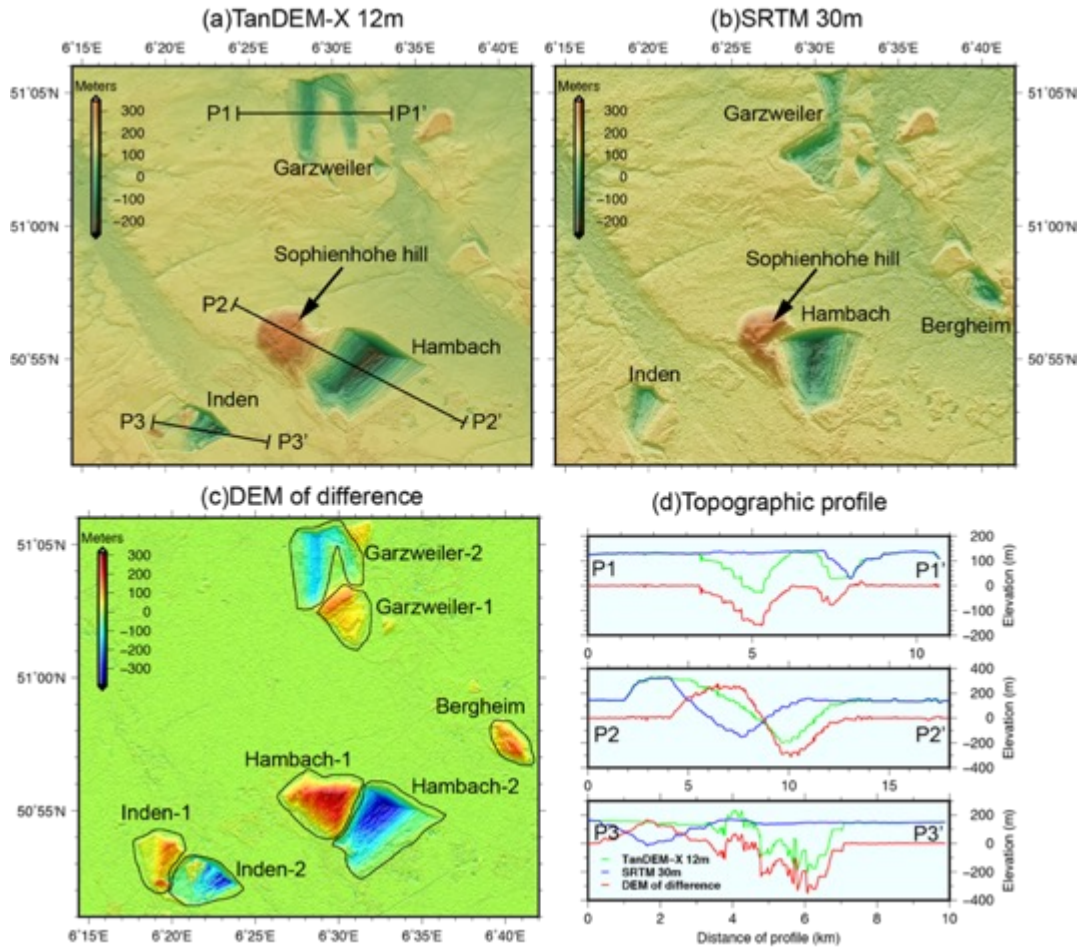
Hambach Forest

- In 1978 (before mining): 5,500 hectares
- Present: 1,100 hectares

<https://www.flickr.com/photos/hambacherforst/sets/72157677673021610/with/32288828383/>

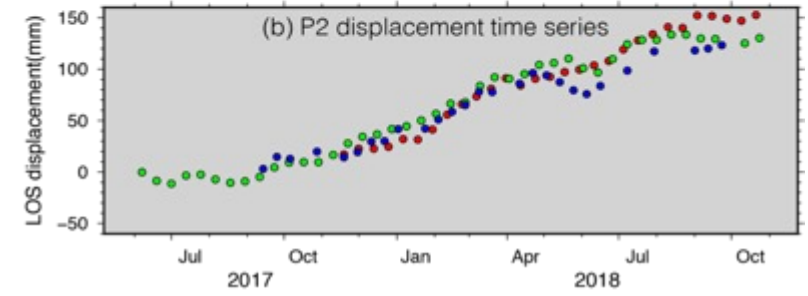
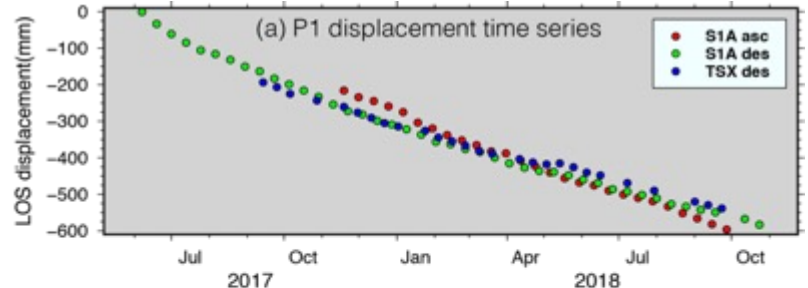
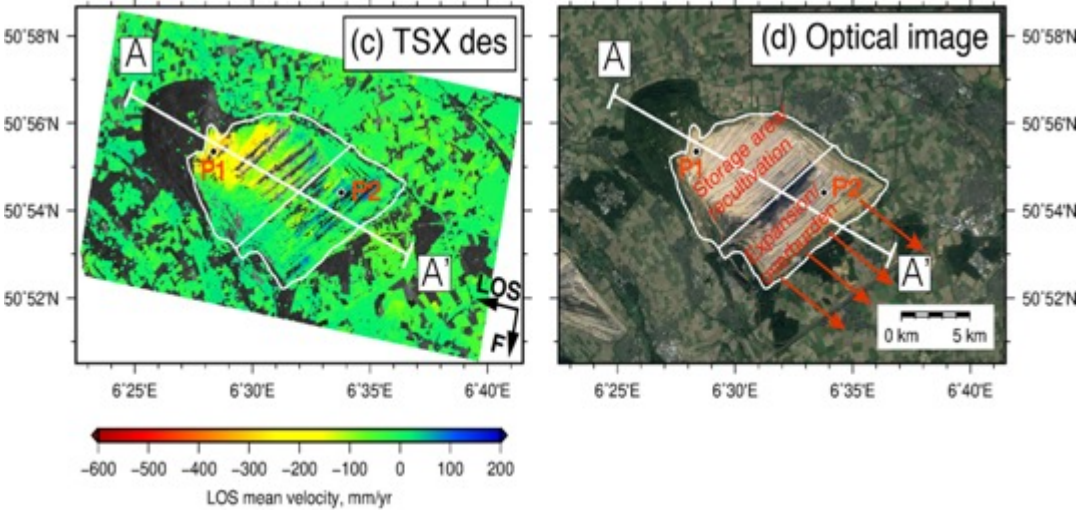
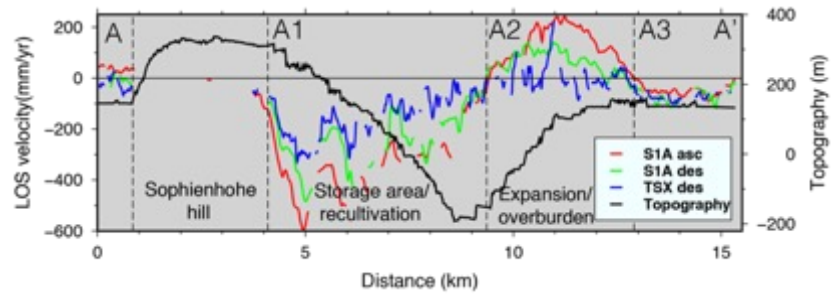
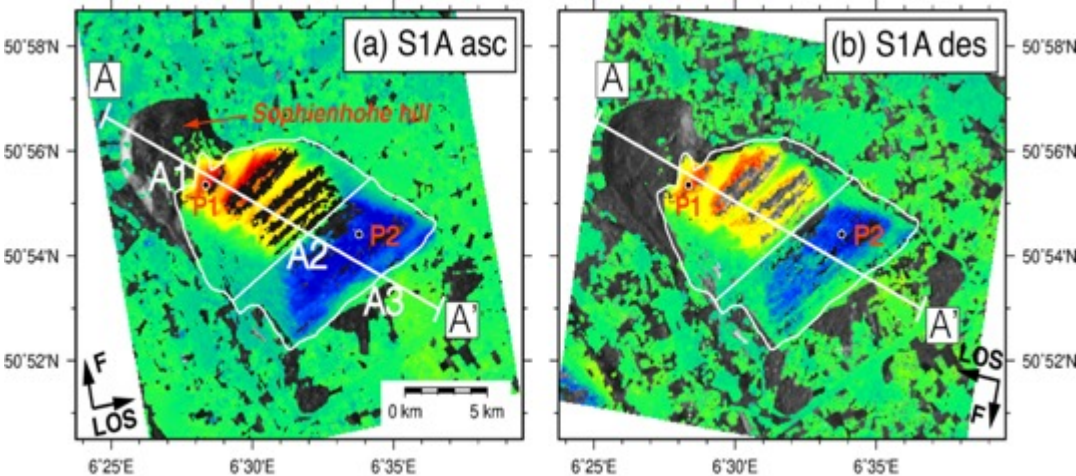


Hambach mine



SRTM: 2000
TDX: 2013

Ground deformation (2017-2018)





Monitoring active open-pit mine stability in the Rhenish coalfields of Germany using a coherence-based SBAS method

Wei Tang^{a,b,c,*}, Mahdi Motagh^{b,c}, Wei Zhan^d

^a College of Geomatics and Surveying Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China
^b Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences, Department of Geodesy, Section of Remote Sensing and Geoinformatics, Potsdam 14473, Germany
^c Institute of Photogrammetry and Geoinformation, Leibniz University Hannover, Hannover 30167, Germany
^d The First Monitoring and Application Center, China Earthquake Administration, Tianjin 300180, China



weitang@cumb.edu.cn

EurekaAlert! MAAAS SEARCH ARCHIVE ADVANCED SEARCH HOME COVID-19 NEWS RELEASES MULTIMEDIA MEETINGS PORTALS ABOUT LOGIN REGISTER

Monitoring open-cast mines better than before

New radar satellites allow observation in almost real time
GFZ GEOFORSCHUNGSZENTRUM POTSDAM, HELMHOLTZ CENTRE



When it comes to safety in open-cast mining, soil stability is one of the most critical factors. Settlement of the ground or slipping of slopes poses a great risk to buildings and people. Now Mahdi Motagh from the German Research Centre for Geosciences GFZ, in cooperation with Chinese scientists, has evaluated data from the Sentinel 1 mission of the European Union's Copernicus program and thus demonstrated new possibilities for monitoring mining areas. The three researchers used a special radar method, the Synthetic Aperture Radar Interferometry (InSAR), to investigate lignite regions in North Rhine Westphalia in Germany. They reported on this in the "International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation".

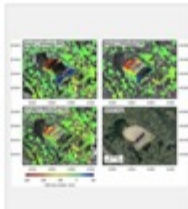


IMAGE: MEAN DEFORMATION RATES OVER THE HAMBACH OPEN-PIT MINE IN NORTH-RHINE-WESTPHALIA, GERMANY. RETRIEVED FROM DIFFERENT SAR SATELLITES. NEGATIVE AND POSITIVE VALUES CORRESPOND TO SUBSIDENCE AND UPLIFT IN THE LINE-OF-SIGHT (LOS) DIRECTION. view more

CREDIT: WU TANG, MAHDI MOTAGH, WEI ZHAN

Media Contact
Josef Zens
josef.zens@gfz-potsdam.de
033-128-81040
@GFZ_Potsdam
http://www.gfz-potsdam.de

More on this News Release

Monitoring open-cast mines better than before
GFZ GEOFORSCHUNGSZENTRUM POTSDAM, HELMHOLTZ CENTRE

JOURNAL
International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation

KEYWORDS

- EARTH SCIENCE
- GEOSCIENCE
- SATELLITE MISSIONS/SHUTTLES
- UNDESIRABLE/UNHEALTHY SCIENCE

MULTIMEDIA

Frankfurter Allgemeine

ZEITUNG FAZ.NET

Ukraine Politik Wirtschaft Finanzen Feuilleton Karriere Sport Gesellschaft Stil Rhein-Main Technik Wissen Abo

INSTABILES RHEINISCHES REVIER

Wenn der Boden unter den Füßen absackt

VON HORST RADEMACHER - AKTUALISIERT AM 19.11.2020 - 13:00



Dort, wo Braunkohle abgebaut wird, muss auch jede Menge Erde abgetragen und an anderer Stelle aufgeschüttet werden. Das bringt den Untergrund vielerorts gefährlich in Bewegung und Hänge ins Rutschen. Mit Satelliten können solche Vorgänge nun genauer beobachtet werden.

Rhein-Erft

Interview Bergheim's Bürgermeister Volker Miel über seine Stadt und den Strukturwandel Seite 24



Satellitenradar misst Bewegung

Forscher sehen Erdbeben in Echtzeit - RW-E: Eing geplante Verfestigung im Griff

Das Problem zeigt, dass die im vergangenen Jahr, als die Kohlefelder in Nordrhein-Westfalen abgebaut wurden, die Erde unter den Füßen absackte. Die Absackung ist ein Problem, das die Sicherheit der Bevölkerung gefährdet. Die Forscher haben nun eine Methode entwickelt, um die Absackung zu messen. Sie verwenden Satellitenradar, um die Bewegung der Erde zu messen. Die Methode ist sehr genau und kann die Absackung in Echtzeit messen. Die Forscher hoffen, dass diese Methode die Sicherheit der Bevölkerung erhöhen wird.

„Risiken sind besser einzuschätzen“

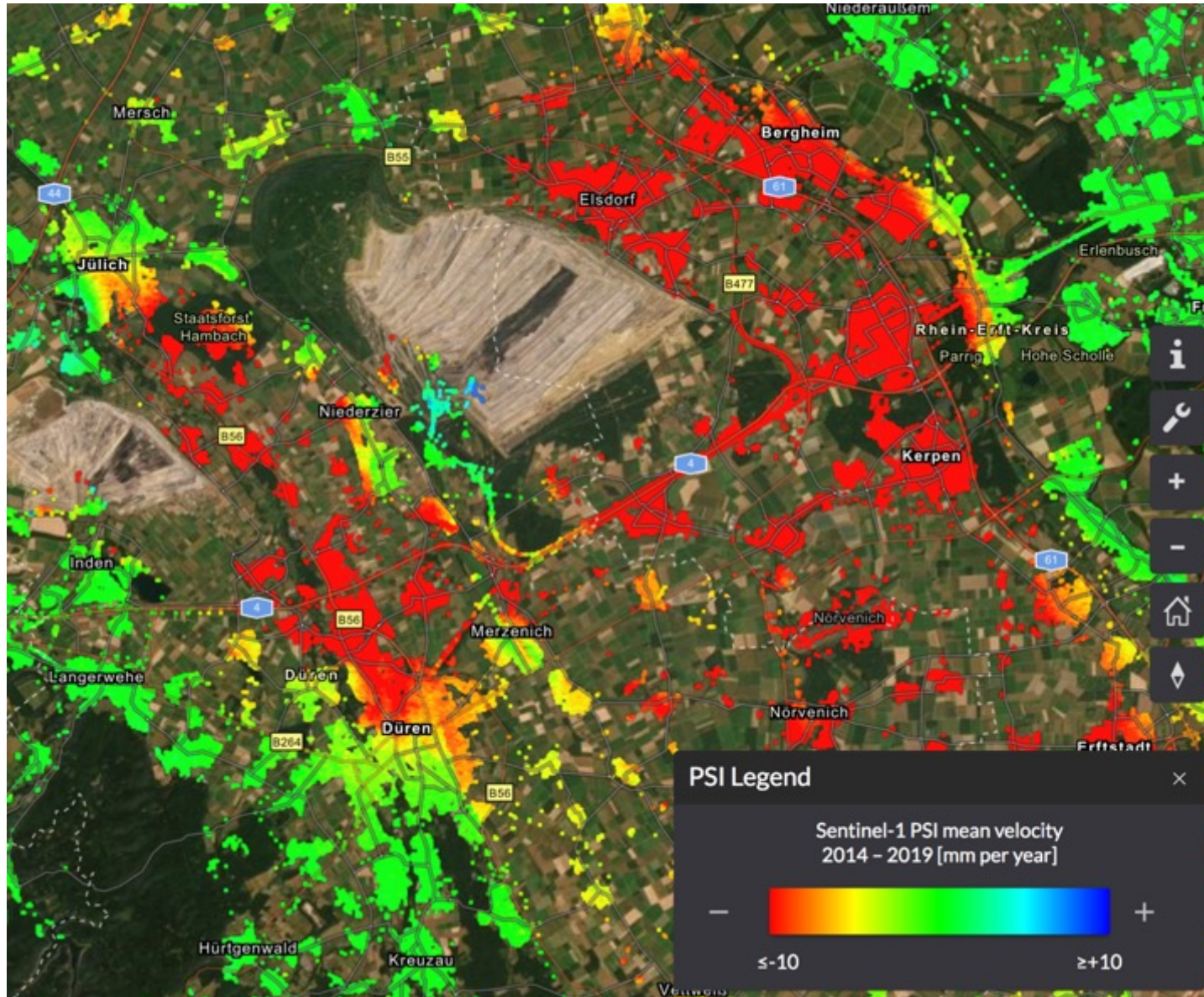
Prof. Mahdi Motagh über seine Methoden, Bodenbewegungen zu erkennen

Portrait of Prof. Mahdi Motagh with text: Wie sicher die Bewohner auf einem Bergbau sind, das ist eine Frage, die sich viele stellen. Prof. Mahdi Motagh, der Leiter des Instituts für Geodäsie und Geoinformation an der GFZ, erklärt, wie man diese Risiken besser einschätzen kann. Er verwendet Satellitenradar, um die Bewegung der Erde zu messen. Die Methode ist sehr genau und kann die Absackung in Echtzeit messen. Die Forscher hoffen, dass diese Methode die Sicherheit der Bevölkerung erhöhen wird.

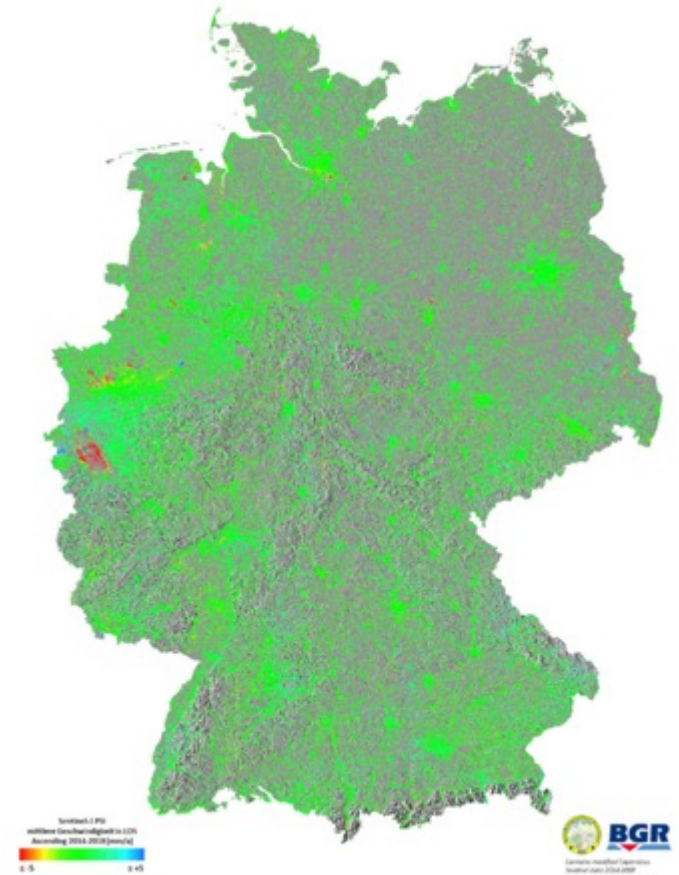


Visiting the area in May 2021

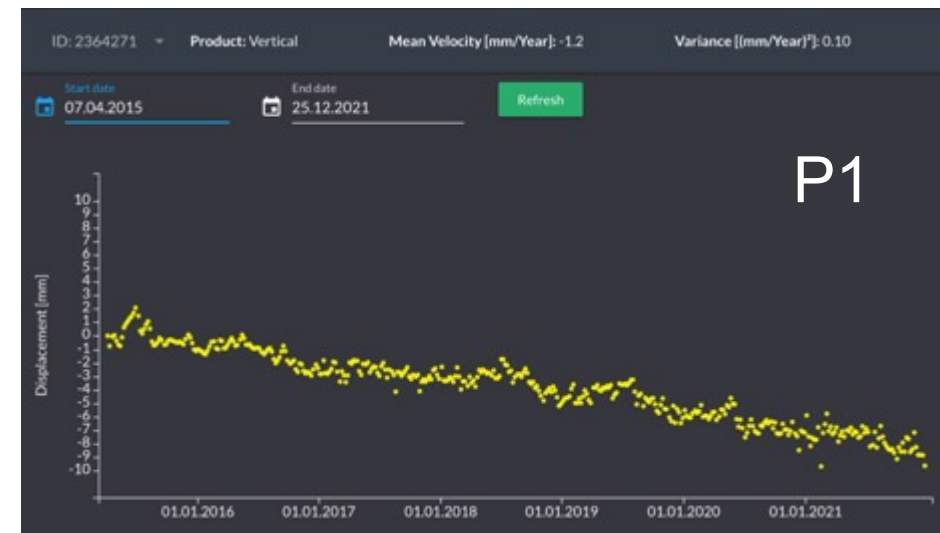
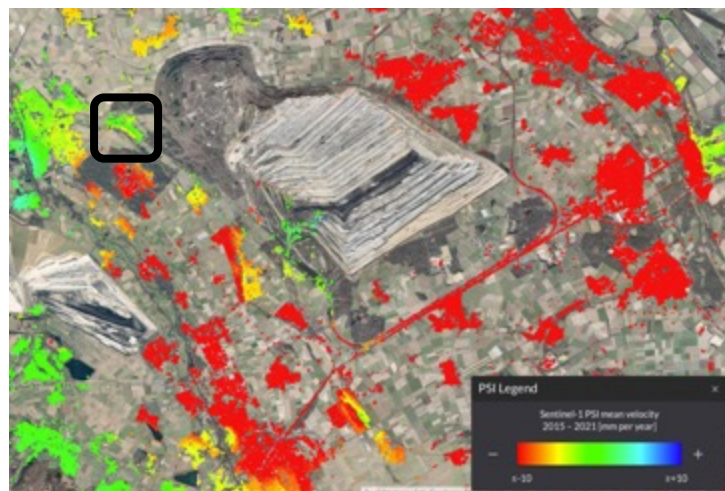




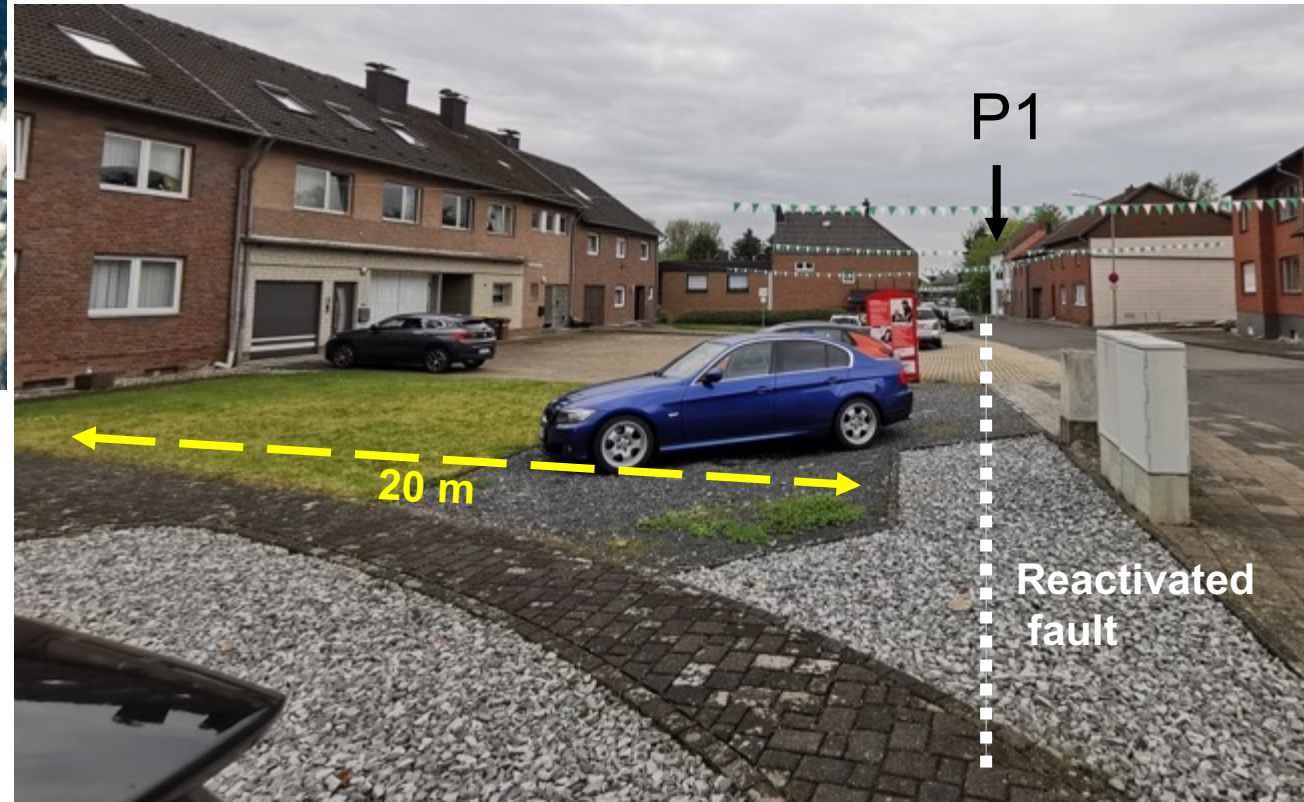
BodenBewegungsdienst Deutschland



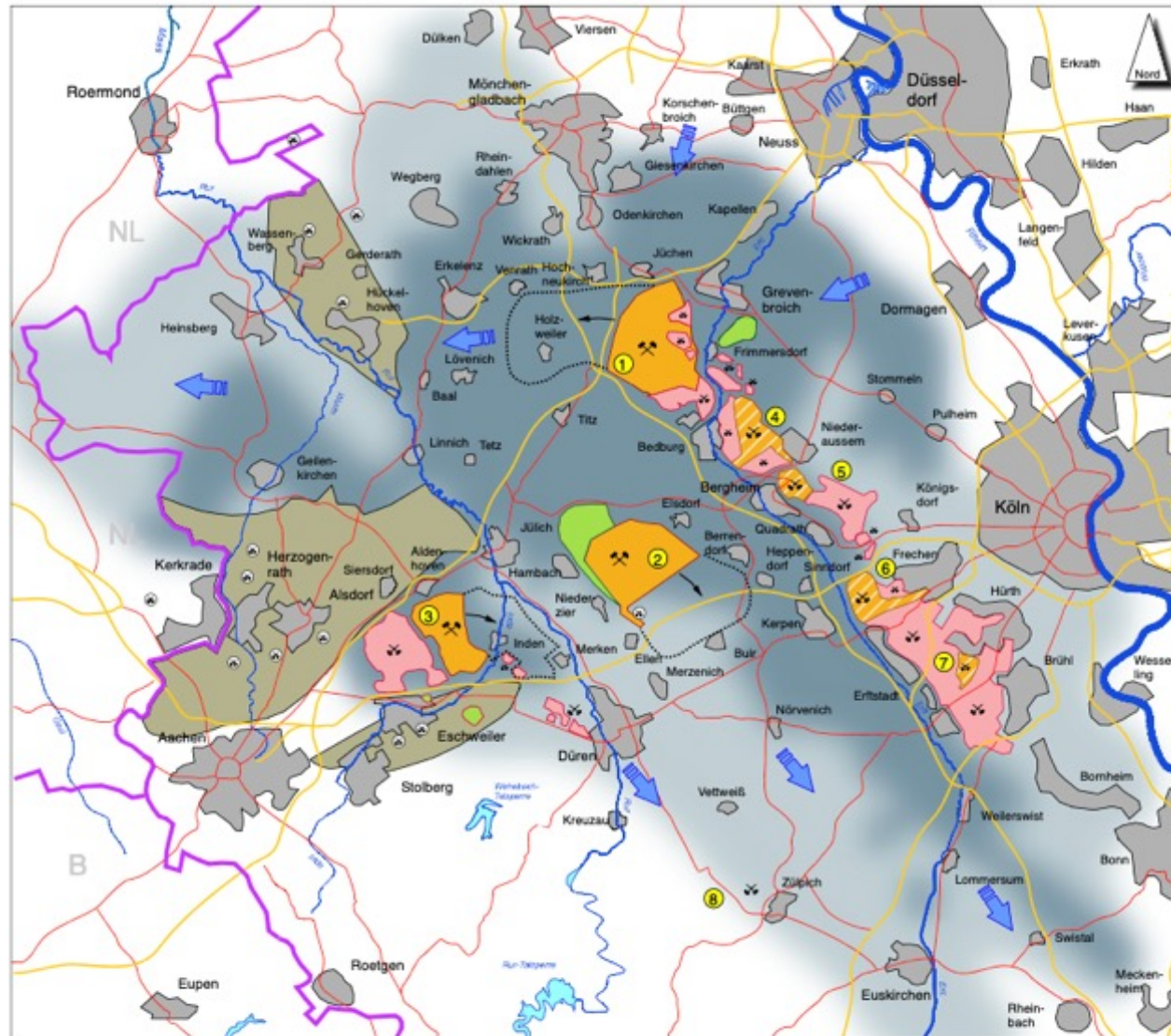
Ground Motion Hazard in Stetternich



Ground Motion Hazard in Stetternich



Einflussbereiche der Grundwasserabsenkung (Stand ca. 2005)



Legende

- Bundesgrenze
- Sumpfungseinflüsse durch RWE Power AG untere Grundwasserstockwerke
- Sumpfungseinflüsse durch RWE Power AG obere Grundwasserstockwerke
- Zunahme der Grundwasserbeeinflussung
- ehem. Steinkohlenabbaufelder EBV/RAG mit mögl. Hebungen durch Grubenwasserwiederanstieg
- aktiver Braunkohletagebau
- in Verkipfung befindlicher ehem. Braunkohletagebau
- bereits rekultivierter ehem. Braunkohletagebau
- Aussenhalde
- genehmigte Braunkohleabbaugrenze
- ehem. Zechenstandorte
- 1 Tgb. Garzweiler I und II
- 2 Tgb. Hambach
- 3 Tgb. Inden
- 4 ehem. Tgb. Fortuna- Garsdorf
- 5 ehem. Tgb. Bergheim
- 6 ehem. Tgb. Frechen
- 7 ehem. Tgb. Vile
- 8 ehem. Tgb. Zülpich

Stand der Abbausituation: 2005



Erstellt durch: **BÜRO IMMEKUS**
GIS - Luftbildauswertung - Photogrammetrie
www.buero-immekus.de

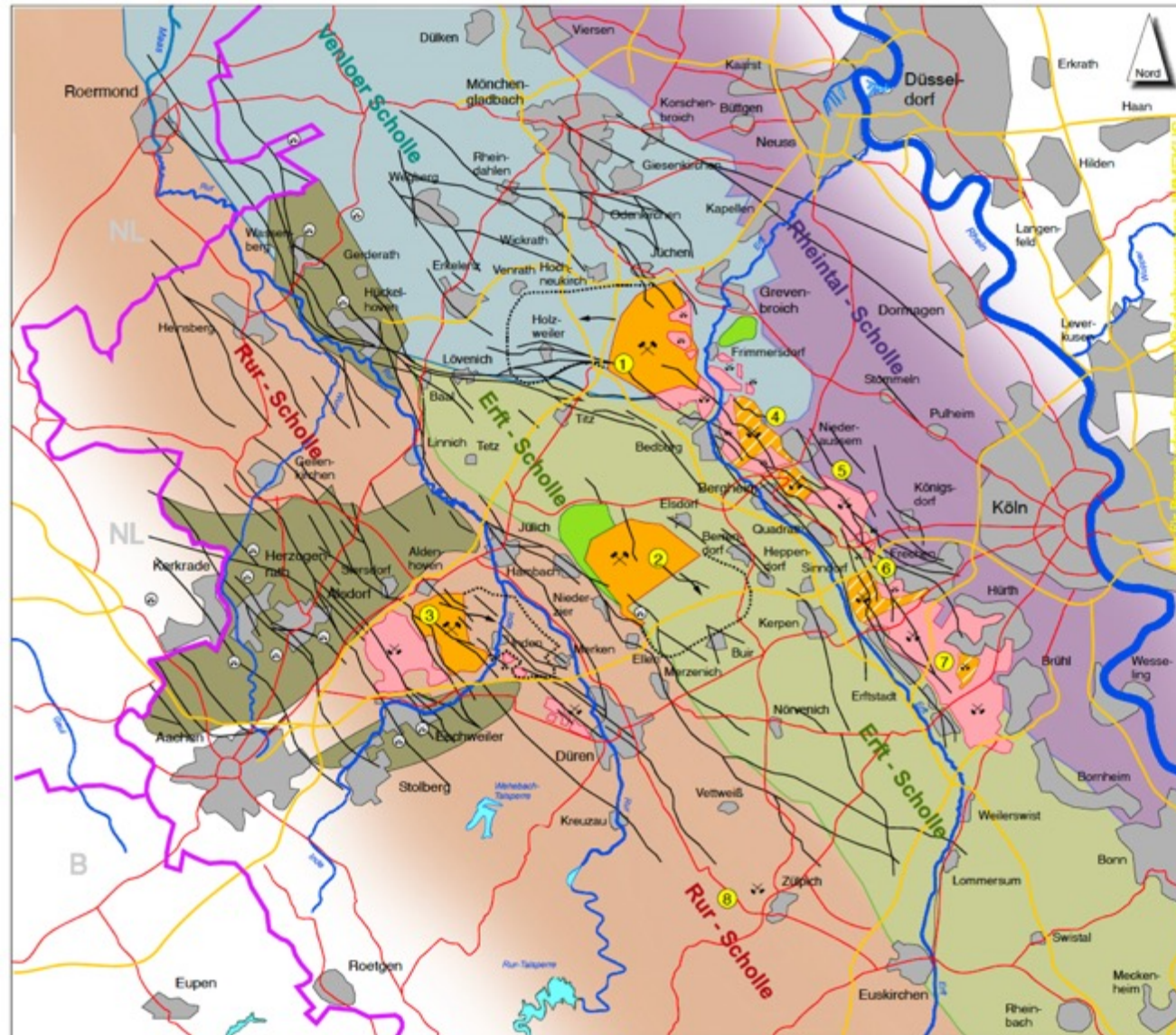
Grundlage der Grundwasserdarstellung sind Angaben aus den RWE-Revierberichten 2003/2005, den RWE-Grundwasserrisikoverichten 2003/2005 und Pegeldaten des Erfverbandes.

NETZWERK BERGBAUGESCHÄDIGTER e. V.



DES RHEINISCHEN BRAUNKOHLEREVIERS

Tektonik des Rheinischen Kohlereviers



Legende

- Bundesgrenze
 - Rheintal - Scholle
 - Ertf - Scholle
 - Venloer - Scholle
 - Rur - Scholle
 - ehem. Steinkohlenabbaufelder EBV/RAG mit mögl. Hebungen durch Grubenwasserwiederanstieg
 - aktiver Braunkohletagebau
 - in Verklüpfung befindlicher ehem. Braunkohletagebau
 - bereits rekultivierter ehem. Braunkohletagebau
 - Aussenhalde
 - genehmigte Braunkohleabbaugrenze
 - tektonische Hauptstörungen (grobe Auswahl)
 - ehem. Zechenstandorte
 - 1 Tgb. Garzweiler I und II
 - 2 Tgb. Hambach
 - 3 Tgb. Inden
 - 4 ehem. Tgb. Fortuna- Garsdorf
 - 5 ehem. Tgb. Bergheim
 - 6 ehem. Tgb. Frechen
 - 7 ehem. Tgb. Völk
 - 8 ehem. Tgb. Zülpich
- Stand der Abbausituation: 2005

NETZWERK BERGBAUGESCHÄDIGTER e. V.



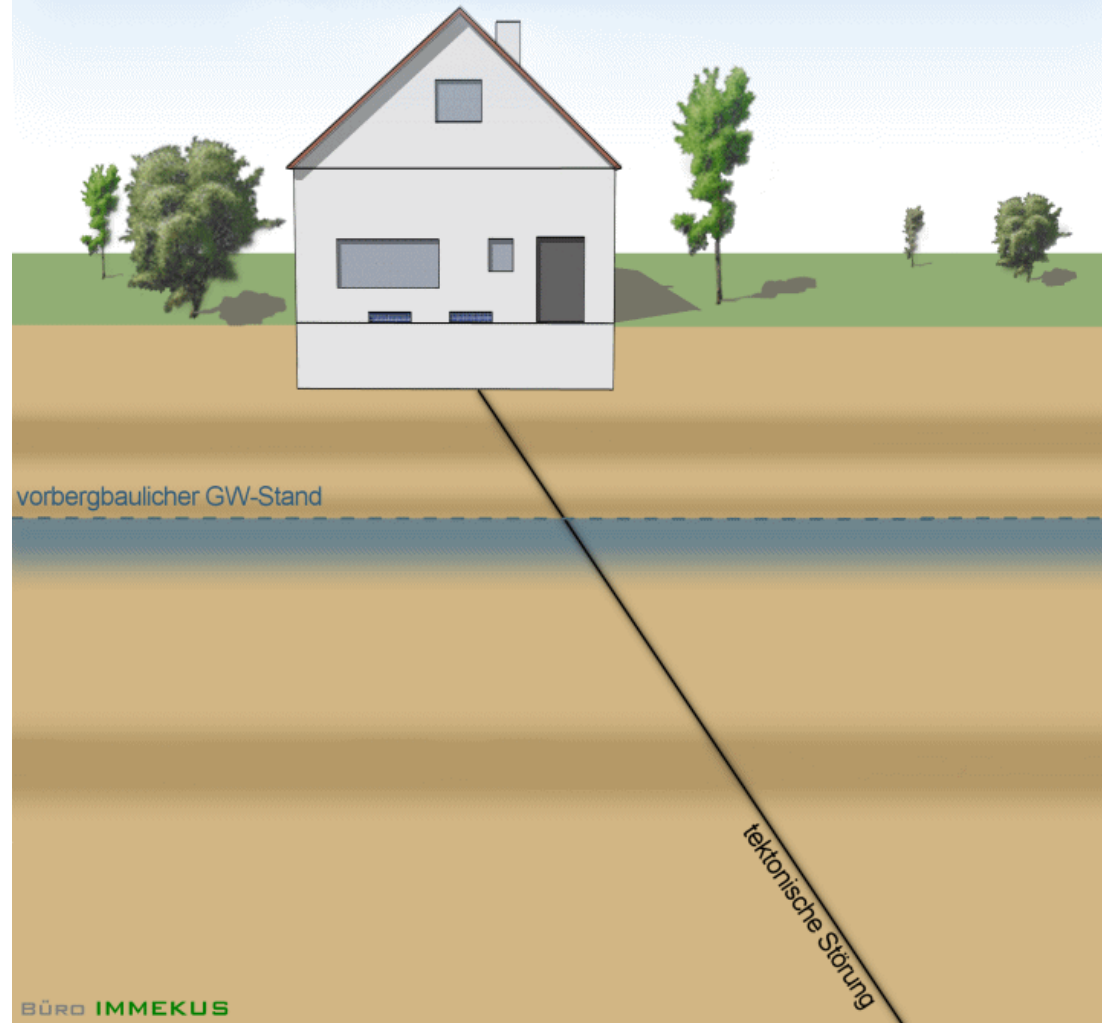
DES RHEINISCHEN BRAUNKOHLEREVIERS

Erstellt durch: Büro IMMEKUS
GIS - Luftbilddauswertung - Photogrammetrie
www.buero-immekus.de

[Genauere Angaben finden sich im jeweiligen aktuellen RWE-Revierbericht.
Die Karten des Geologischen Dienstes sind unvollständig]

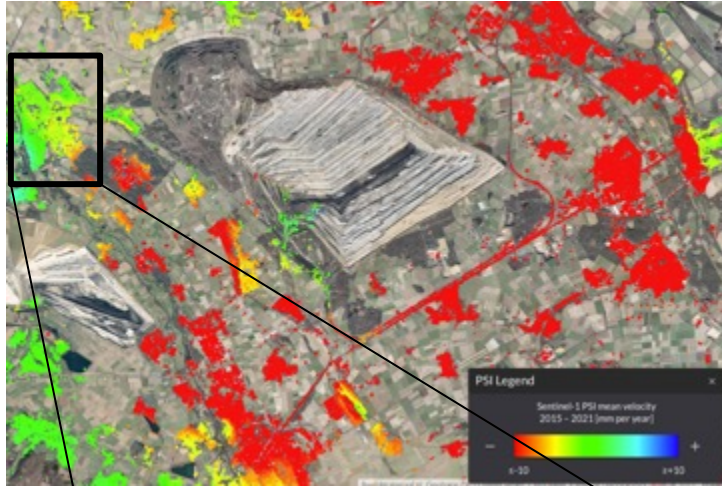


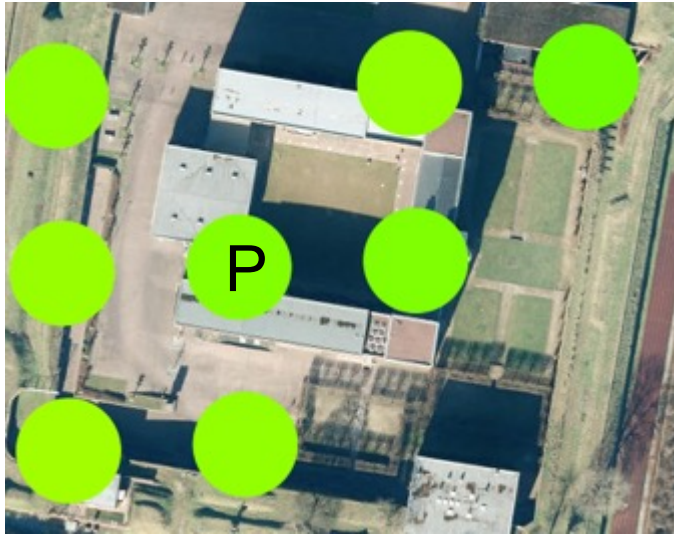
Bergschäden infolge tektonischer Störungen mit Stufenbildung



BÜRO IMMEKUS

Ground Motion Hazard in Jülich





Offset ~ 0.5 m



Ein stabiles Fundament mit 42 Stahlfederkernen

RWE Power reagiert mit innovativem Verfahren auf tagebaubedingte Schäden an der Stephanus-Schule. **Jährliche Absenkung** von zurzeit 15 Millimetern wird durch Hydraulikverfahren ausgeglichen. Kosten: rund eine Million Euro.

VON JÖRG ABELS

Kreis-Direktor **Seigerdorf**. Wie haben die Anna- und Schiller- und die Stephanus-Schule in Jülich Seigerdorf gemessen? In beiden Fällen: nicht bei Bruchstellen und Stahlbetondecken. Während die Bauherren in Gelsenkirchen mit der Innovation vornehmlich auf etwaige Folgen des Tagebauunterbaus im Ruhrgebiet reagierten, sind es in Seigerdorf die Pumpungsmaßnahmen für den Tagebau, die den Einsatz

des Verfahrens notwendig machten. Die Stephanus-Schule steht auf einem tektonischen Störungsbereich. Wird für den Tagebaubetrieb das Grundwasser abgepumpt, verschieben sich die Bauteile an dieser Stelle nun jährlich um rund 15 Millimeter, erklärt Alois Hoyer, Bereichsleiter Bergbau bei RWE Power.

Die Folge: Während ein Teil der Hauptstützbeine abgegraben und abwärts der lokal begrenzten Senkung neu gebaut werden müssen – die Einweihung ist für Anfang 2007 vorgesehen –, wurde der zentrale Gebäudeteil, der sich ebenfalls abgraben hat, in den letzten Wochen um 14 Zentimeter angehoben. Nicht über die Baumaßnahmen konnte RWE Power rund eine Million Euro. „Die Absenkung wird ein komplettes Maß der Einwirkung an einem anderen Ort gemessen“, erklärt Landrat Wolfgang Specht, der sich nicht zuletzt im November der 164 Kinder und 20 Lehrkräfte, die an der Wunderschule für gelungene Entwicklung sorgen können, für einen Erhalt des Standorts Seigerdorf ausgesprochen hat.

Um das Gebäudeproblem mit einem Größte von über 400 Quadratkilometern zu beheben, werden zuerst in 300 Metern Tiefe unterhalb der Stahlfederkerne Stahlträger unter dem bisherigen Fundament verankert, während die Stahlfederkerne

von RWE Power durch einen neuen Beton- und Stahlbetondeckel ersetzt werden. In dem ersten 42 in speziellen Betonbetondeckeln verankerte Stahlbetondeckel, die unter einem Gewicht von 44 Tonnen stehen können, die Absenkung auszugleichen – elektronisch über-

„Durch die Stahlfederkerne können wir die jährliche Absenkung von zurzeit 15 Millimetern ausgleichen.“

MARKESS HEITZEMPER (RWE)



Durch die fortschreitende Absenkung müssen die Stahlfederkerne immer wieder durch Stahlplatten unterlagert werden.

Das größte Problem, so die RWE-Experten, bestand darin, die 42 Stahlfederkerne exakt auszurichten, um die unterschiedlich starken Bodenbewegungen innerhalb der Gebäude zu berücksichtigen. Auch mussten die Arbeiter bei laufenden Schulbetrieb gearbeitet werden. Klavier-Herrschel, ein Ingenieur am Bau. Die Stephanus-Schule ist jetzt auch erdbebensicher.



Alois Hoyer (l., hockend) und Markus Heitzemper (r.) von RWE Power erklären Landrat Wolfgang Specht und Kreisdeputierter Peter Kappas (v. vordere) das aufwändige Verfahren. Foto: Jörg Abels

- InSAR-based deformation analysis enables measurements of subsidence over time with millimetre-scale accuracy over millions of points
- The interpretation, however, is very complex
- We have millions of measurement points, but (fortunately) not millions of damages to infrastructure
- Can we go for data-driven approaches and use models based on AI and Explainable AI for a better understanding of relation between subsidence and its triggering factors?
- Can we rely only on the BBD product for the damage assessment or is there still room for the improvement in the quality of the product?

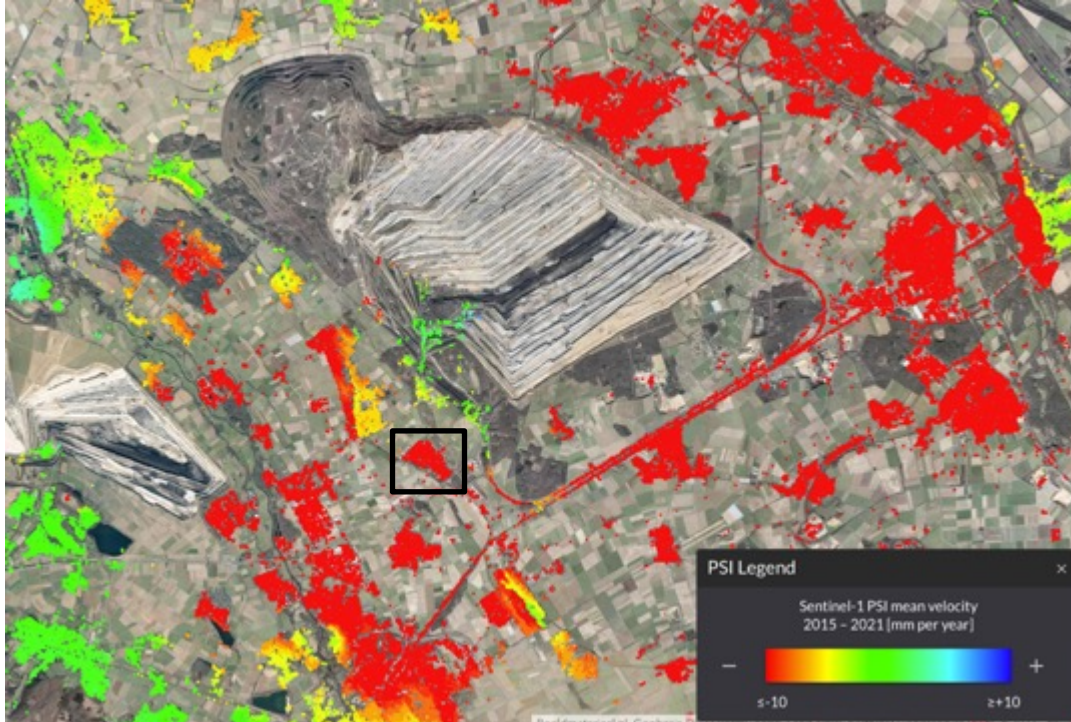
Thema: Entwicklung einer auf Fernerkundung und künstlicher Intelligenz basierten Prozesskette zur Risikobewertung von potenziellen Infrastrukturschäden aufgrund von Grundwasserspiegeländerungen verursacht durch Tagebauaktivitäten - Verbundprojekt mit dem Kreis Düren, NRW

Fördermaßnahme: DLR e. V. - Raumfahrtagentur - Nationales Raumfahrtprogramm

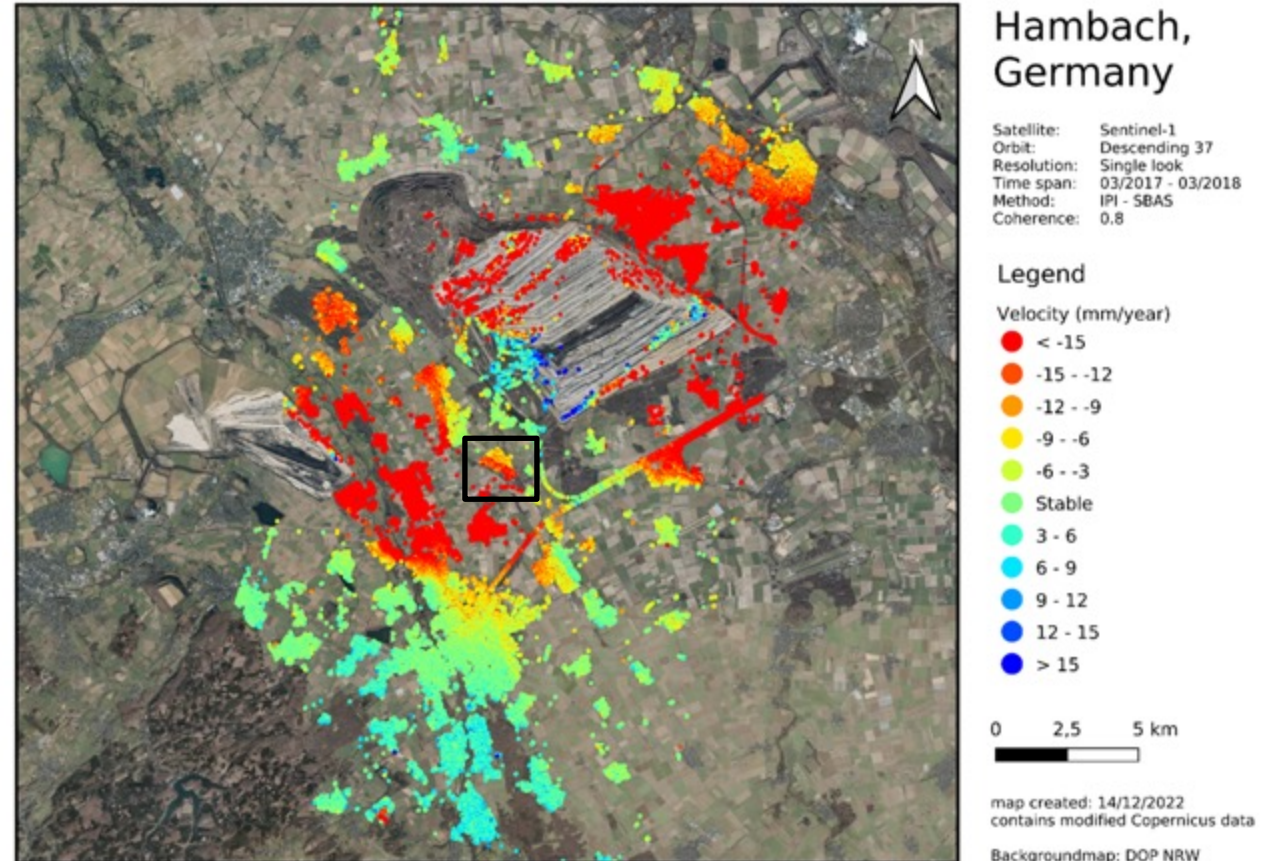
Förderbereich: Erdbeobachtung

Does density matter?

BBD

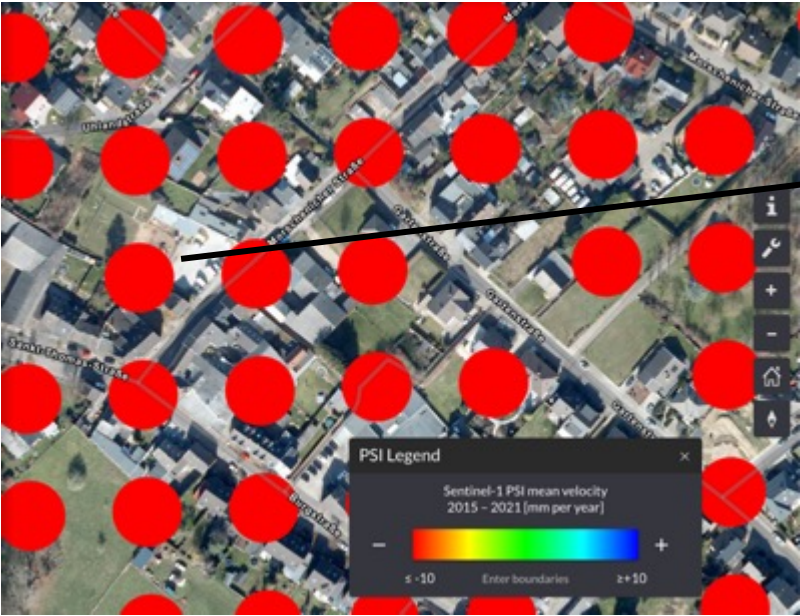


IPI software, soon to be publicly available

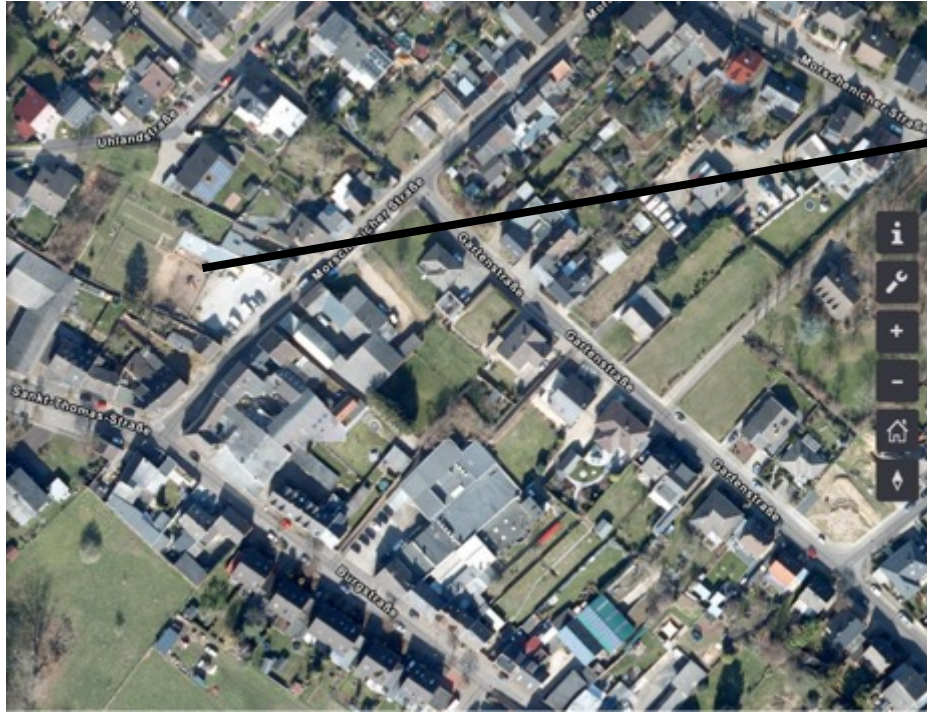


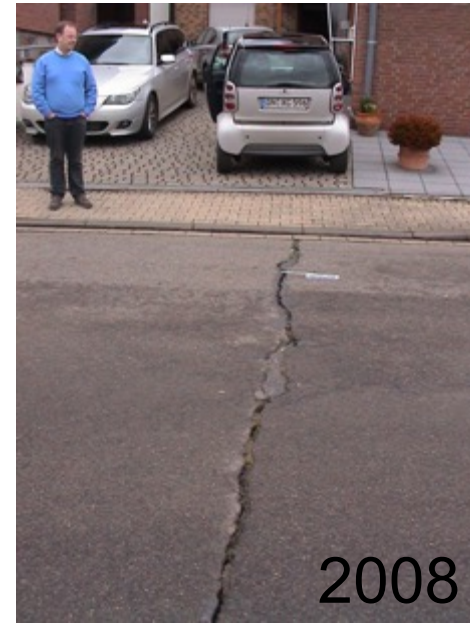
SAR4Infra: Financed by Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (**BMVI**) und Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (**DLR**)

Ground Motion Hazard in Ellen



Ellen, Car Park





Ground Motion Hazard in Ellen

Häuser vor Abriss



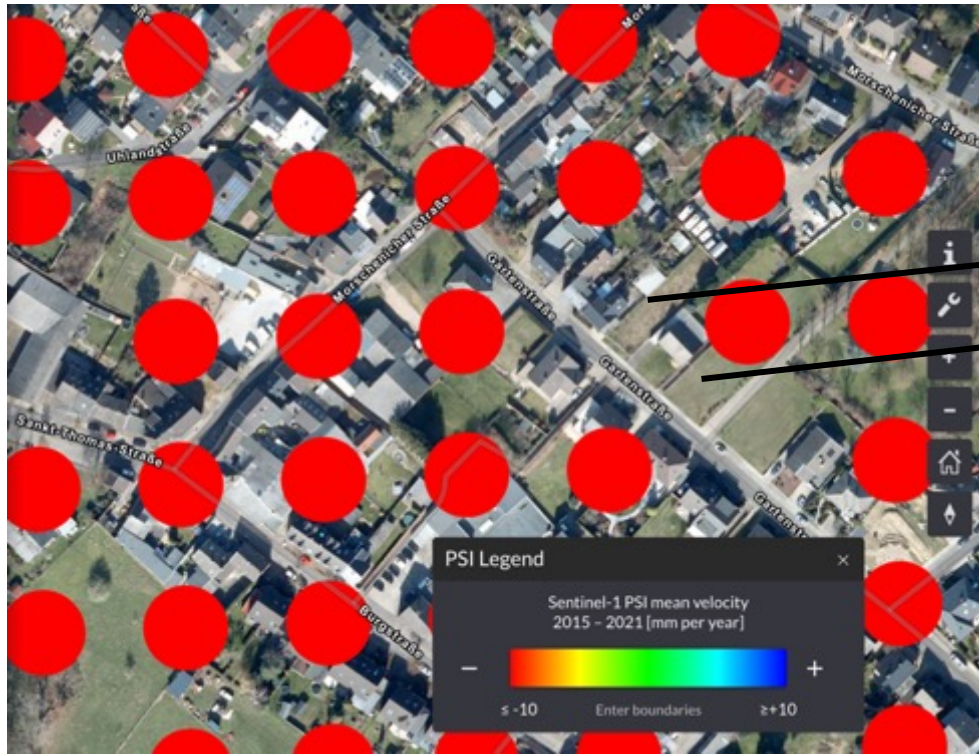
Ground Motion Hazard in Ellen

Häuserabriss durch Bergschäden in Niederzier-Ellen Stand 01.10.2015



All houses are subsiding in the area, but the level of the damage is not equal

Häuserabriss durch Bergschäden in Ndz-Ellen 2015



NETZWERK
BERGBAUGESCHÄDIGTER e.V.
DES NIEDERSÄCHSISCHEN BERGBAUUNIVERSITÄTS

Wolfgang Schaefer
März 2016

How would ChatGPT answer to the following question in 2025?



Is Germany well known for subsidence?



Fotografie: Oliver G. Meyer, 2022. Die Aufnahme zeigt ein typisches Beispiel für die informelle Siedlung in Maceio, die durch die Versenkung des Bodens durch die Industrie- und Umweltschadstoffe entstanden ist. Die Häuser sind oft aus Ziegeln, und viele der Gebäude sind in einem schlechten Zustand. Die Aufnahme zeigt die Auswirkungen der Versenkung des Bodens durch die Industrie- und Umweltschadstoffe.

Die Wissenschaftler sind sich einig, dass die Versenkung des Bodens durch die Industrie- und Umweltschadstoffe ein ernstes Problem darstellt. In Deutschland ist dies ein bekanntes Problem, das durch die Entnahme von Kohle und Gips aus dem Untergrund verursacht wird. In Maceio, Brasilien, ist dies ein Problem, das durch die Entnahme von Gips aus dem Untergrund verursacht wird. Die Wissenschaftler sind sich einig, dass die Versenkung des Bodens durch die Industrie- und Umweltschadstoffe ein ernstes Problem darstellt. In Deutschland ist dies ein bekanntes Problem, das durch die Entnahme von Kohle und Gips aus dem Untergrund verursacht wird. In Maceio, Brasilien, ist dies ein Problem, das durch die Entnahme von Gips aus dem Untergrund verursacht wird.

Die versinkende Stadt

Im Strandparadies Maceio sieht es apokalyptisch aus. Ganze Viertel sind entvölkert. Was ist hier passiert? Ein Industrie- und Umweltschadstoff aus Brasilien. Mitdrittel: eine Forscherin aus Deutschland

VON YVONNE LADWIG



scientific reports

Explore content About the journal Publish with us

nature > scientific reports > articles > article

Article | [Open Access](#) | [Published: 08 April 2021](#)

A decade-long silent ground subsidence hazard culminating in a metropolitan disaster in Maceio, Brazil

[Magdalena Vassileva](#), [Djamé Al-Halbouri](#), [Mahdi Motagh](#), [Thomas R. Walter](#), [Torsten Dahm](#) & [Hans-Ulrich Wetzel](#)

Scientific Reports 11, Article number: 7704 (2021) | [Cite this article](#)

5670 Accesses | 6 Citations | 45 Altmetric | [Metrics](#)

May 2023, visit by the municipality and civil protection authorities in Maceio, Brazil



Thank you for your attention!

