



**Drohnen im Nachbergbau:**

# Wie Drohnen vom Polder bis zum Rammelsberg digitale Welten schaffen ...und was die uns mitteilen

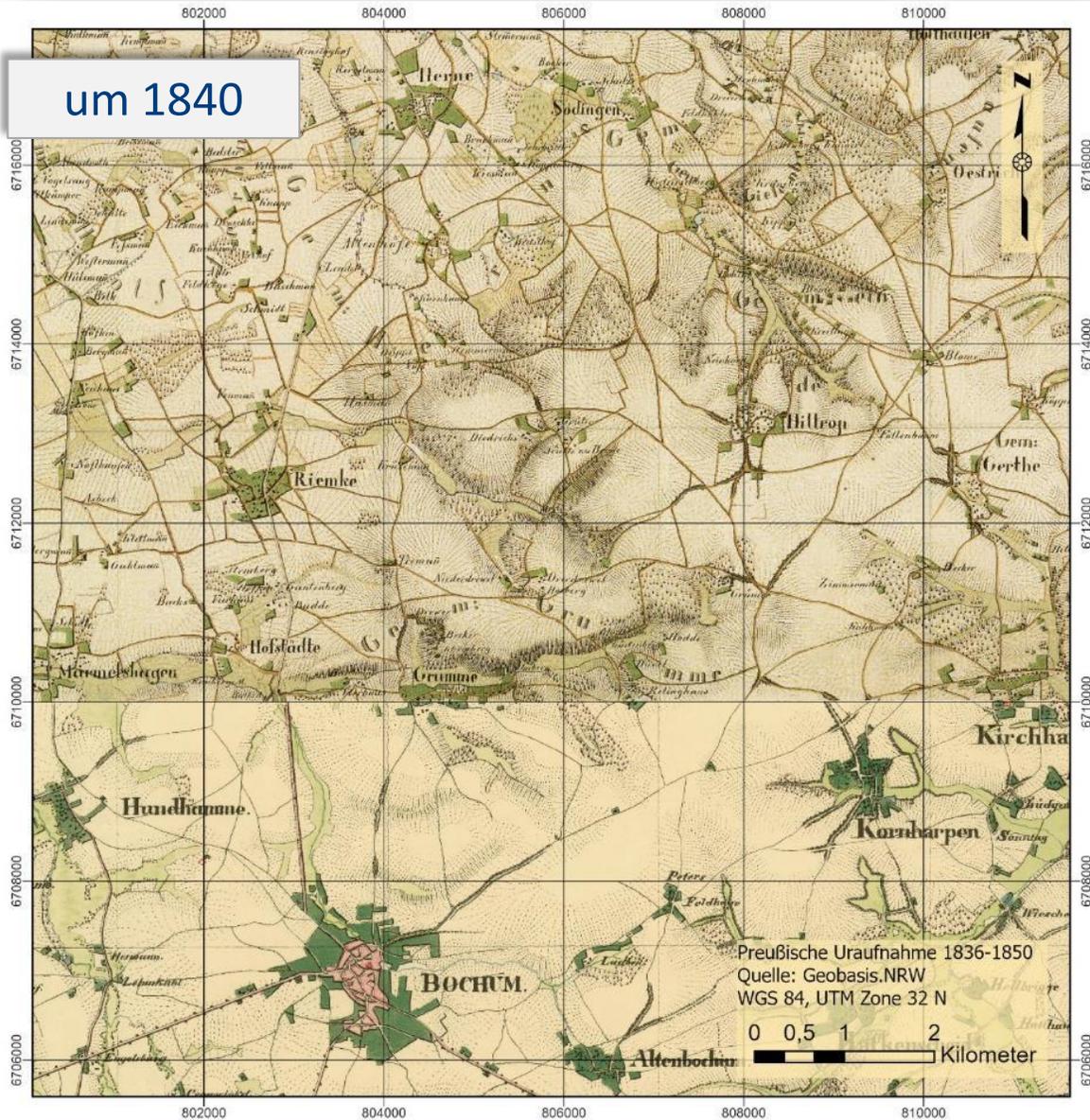
**Dr. rer. nat. Bodo Bernsdorf**

Technische Hochschule Georg Agricola | Forschungszentrum Nachbergbau

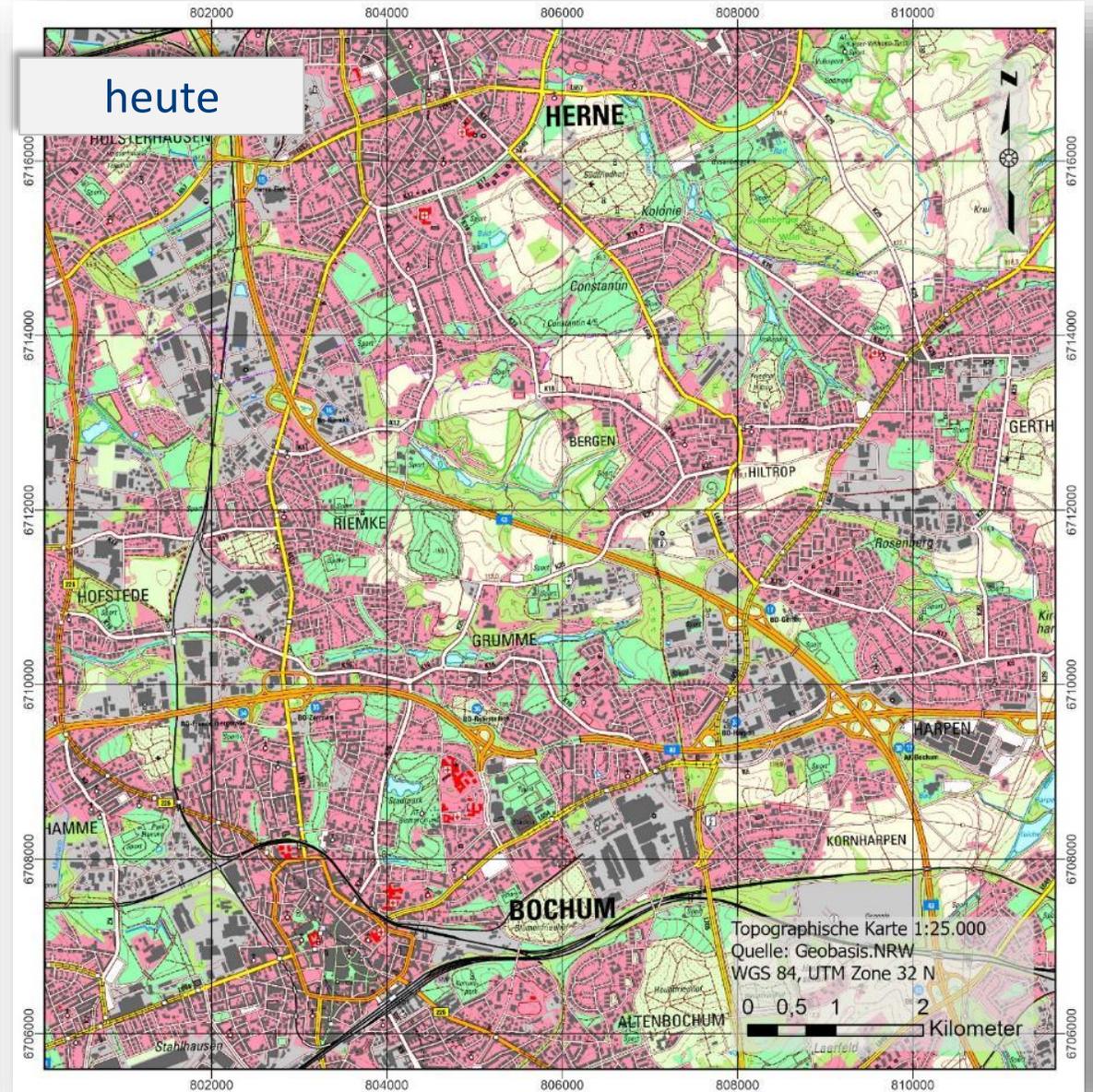
Nachbergbauzeit in NRW 2025 | Bochum | 20.03.2025

# Herausforderungen im Nachbergbau

um 1840



heute



# Herausforderungen im Nachbergbau

- **Bäuerliche Agrarlandschaft** hat sich mit Kohl und Stahl zur **Millionenmetropole** entwickelt
- 5,1 Millionen Menschen auf ca. 4.439 km<sup>2</sup> => **größter Ballungsraum Deutschlands** und fünftgrößter in der Europäischen Union<sup>1, 2</sup>
- 1.150 Menschen/km<sup>2</sup> vs. Berlin mit 4.110 Menschen/km<sup>2</sup> zeigt das **landschaftsökologische Potential** im Ballungsraum
- Aber: Will man die Landschaft „**bewohnbar**“ halten, führt das zu besonders diffizilen Fragestellungen
- Schutz der Lebensumstände (Grubenwasser, Poldermanagement, klimawandel-bedingte Folgeerscheinungen wie Dürren und Starkregen)

<sup>1</sup> Statistikportal Ruhr: <https://statistikportal.ruhr/>

<sup>2</sup> Eurostat: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:What\\_are\\_the\\_largest\\_metropolitan\\_regions\\_in\\_the\\_EU\\_\(million\\_inhabitants,\\_1\\_January\\_2021\)\\_URE2023.png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:What_are_the_largest_metropolitan_regions_in_the_EU_(million_inhabitants,_1_January_2021)_URE2023.png)

## Flächennutzung, Bauen und Wohnen

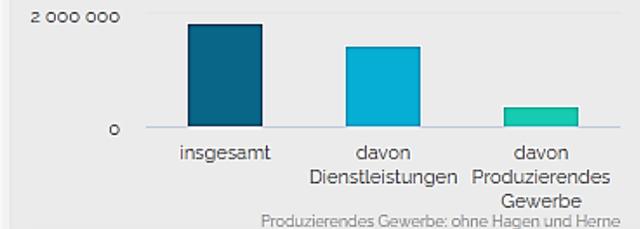
Flächennutzung 2022



Metropole Ruhr: 4 439 km<sup>2</sup>

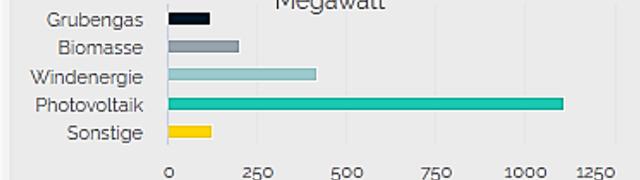
## Arbeitsmarkt

Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte Juni 2023



## Klima und Umwelt

Erneuerbare Energien 2022 - Leistung in Megawatt



Metropole Ruhr: 1 977 Megawatt

# Umwelt- und Geomonitoring mit Drohnen

- Situation erfordert **engmaschige Überwachung**
- Diverse **Möglichkeiten**:
  - Kartierung
  - Probenahmen
  - in situ-Sensoren
  - Fernerkundung mit Drohnen-, Flugzeug- und Satellitenplattformen, ...
- Jeweils Vor- und Nachteile



©FZN: Bernsdorf/Yin

# Umwelt- und Geomonitoring mit Drohnen

## Die Landschaft verstehen: Prozessverständnis...



- **Satelliten**

- große Flächen
- viele Sensoren
- oft kostenfrei



- **Drohnen (UAV)**

- kleinere Flächen
- sehr genau
- sehr flexibel



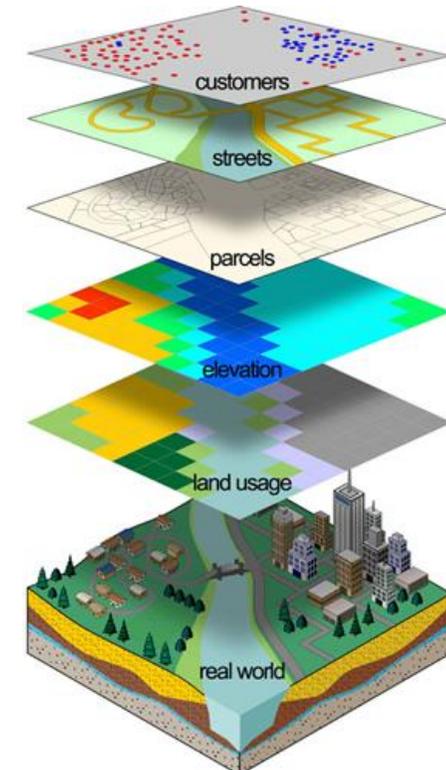
- **In situ-Sensoren**

- Wetter- und Umweltsensoren
- Boden-, Pflanzen-Kartierungen
- Gefühl für die Landschaft

verstehen erfassen



erfassen verstehen



Quelle: [Overlay - GIS Wiki | The GIS Encyclopedia](#)

Haske, B., Rudolph, T., Bernsdorf, B. & Pawlik, M. (2024): Innovative Environmental Monitoring Methods Using Multispectral UAV and Satellite Data. - in: First Break, Volume 42, Issue 2, S. 41 – 47. DOI: <https://doi.org/10.3997/1365-2397.fb2024012>

# Umwelt- und Geomonitoring mit Drohnen

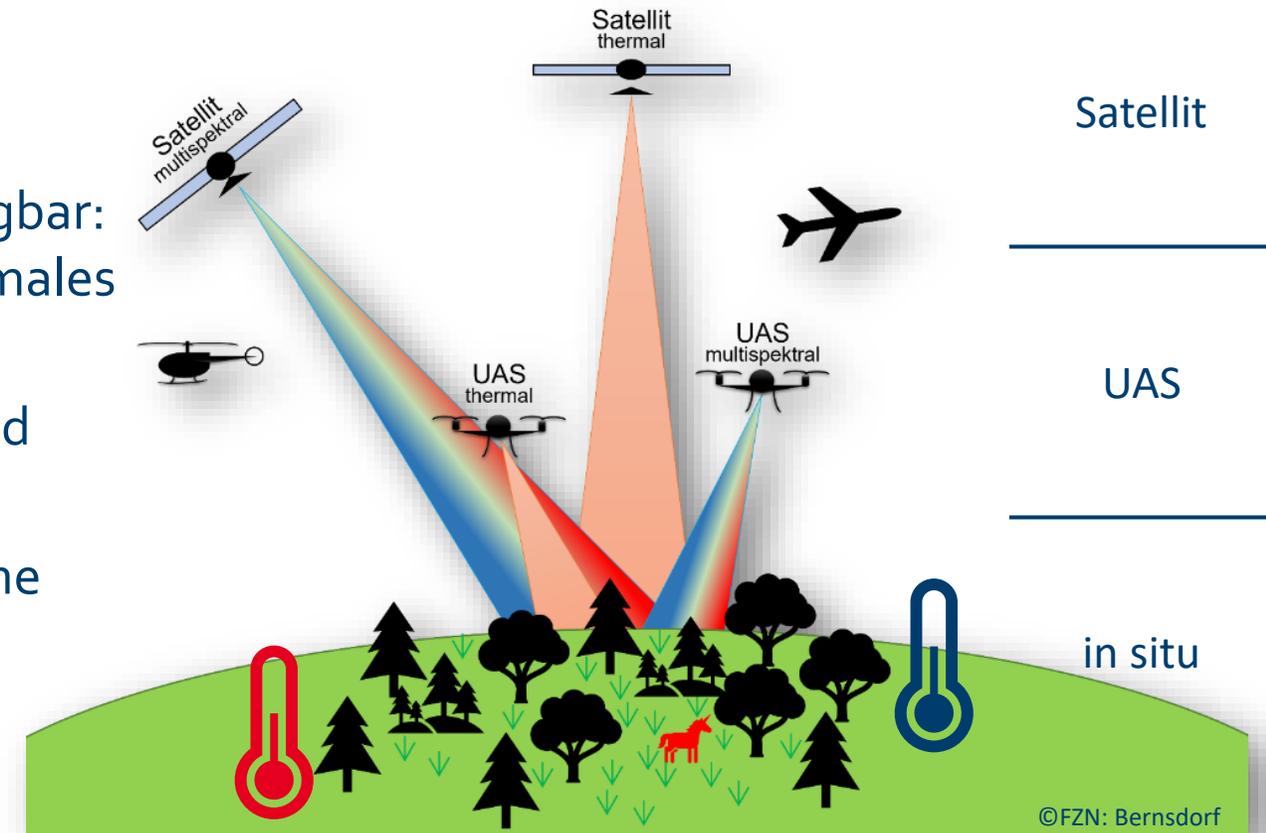
## Vorteile von Drohnen:

- Flexibel und bedarfsgerecht einsetzbar
- Akkukapazität und Flugzeiten<sup>1</sup>
- Nutzlasten miniaturisiert, umfassend verfügbar: RGB-, multispektrale, hyperspektrale, thermale Infrarot-, Gas- und Strahlungs-Sensorik, ...
- höchste Bodenauflösungen möglich (Ground Sampling Distance - GSD)<sup>2</sup>
- im 3D-Raum auch ohne Postprocessing hohe Positionsgenauigkeit der Pixel realisierbar<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ca. 35 – 45 Minuten

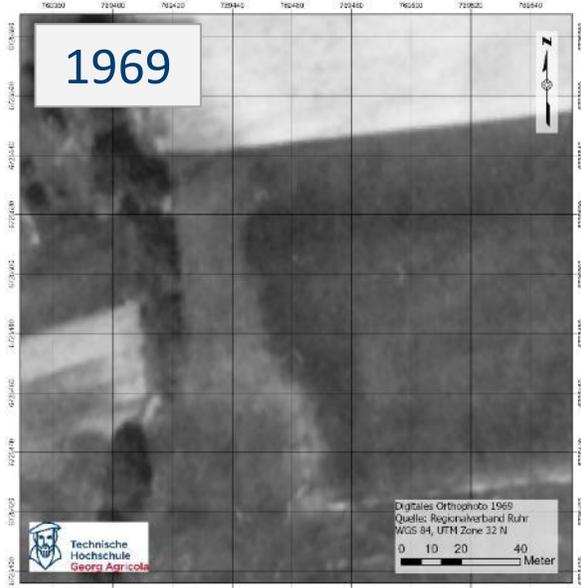
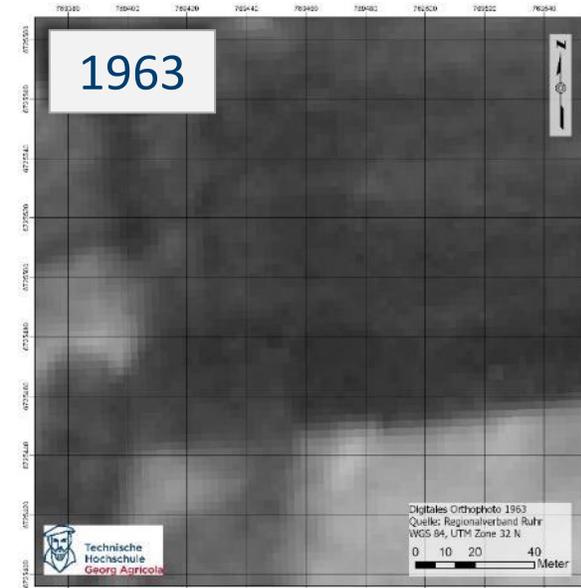
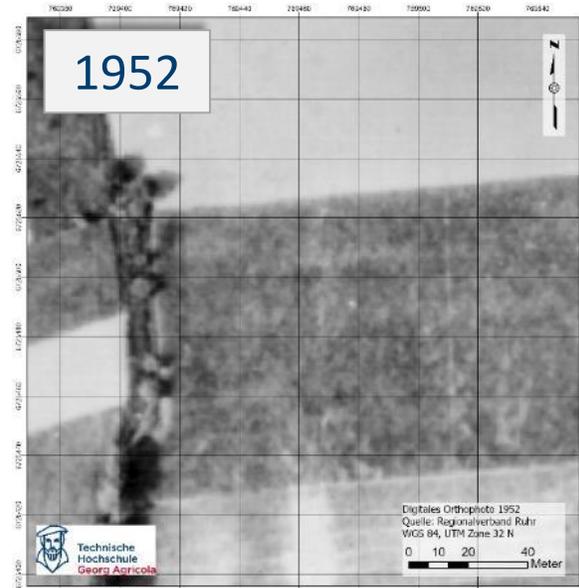
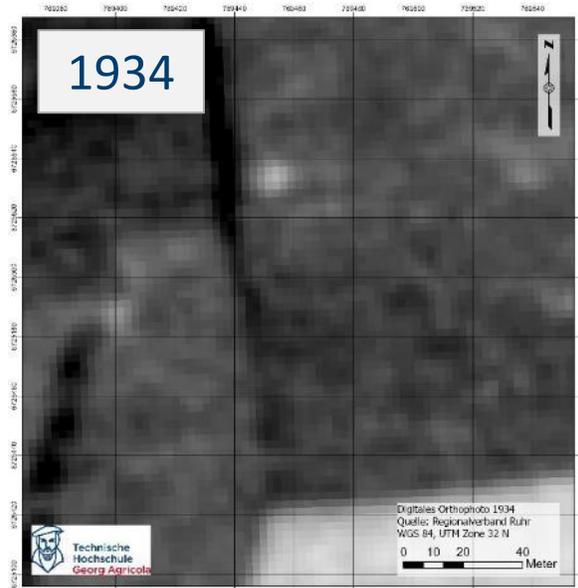
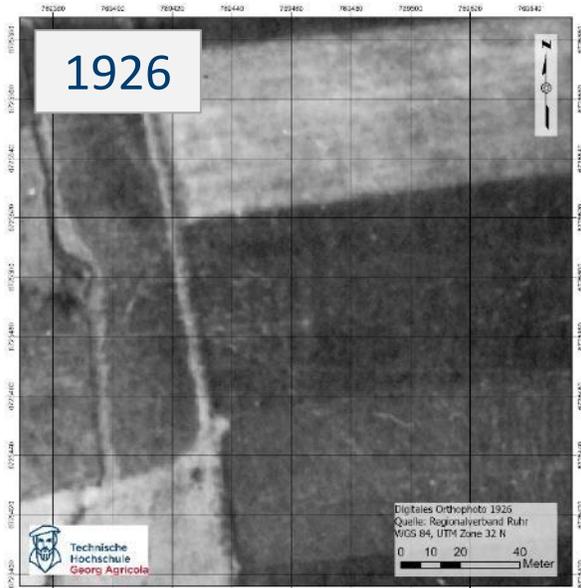
<sup>2</sup> ca. Abhängig von der Flughöhe GSD ca. 2 – 5 cm

<sup>3</sup> Unter Nutzung von Realtime Time Kinematic RTK über den Satellitenpositionierungsdienst der Länder SAPOS ca. 2 – 4 cm



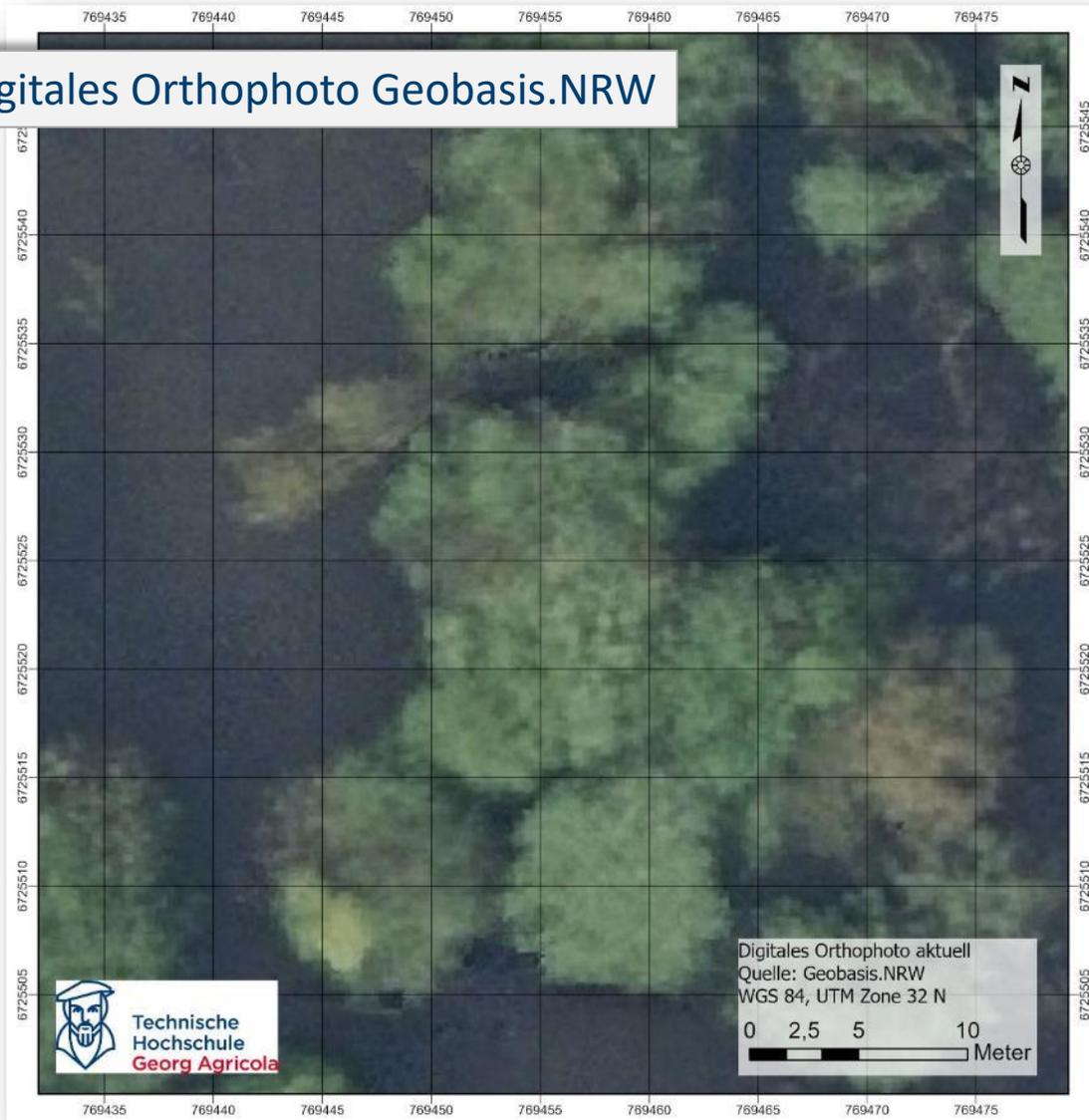
Pawlik, M.; Bernsdorf, B. & Cimolino, U. (2024): Vegetationsbrände und ihre Bekämpfung – Beiträge der Fernerkundung und Geoinformation. - in: vfdb – Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz, Heft 3, S. 123 – 135.

# Umwelt- und Geomonitoring mit Drohnen



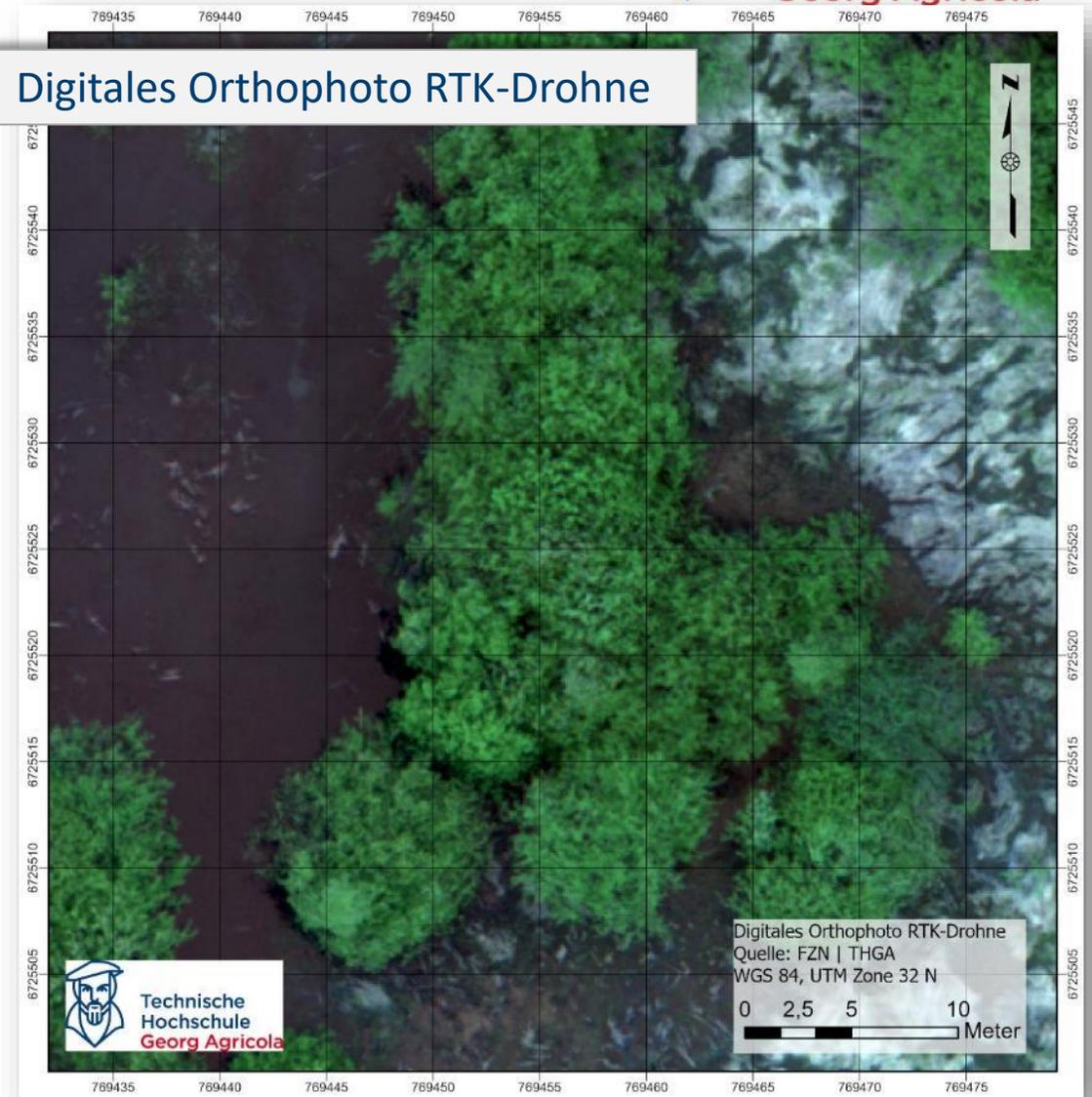
# Umwelt- und Geomonitoring mit Drohnen

Digitales Orthophoto Geobasis.NRW

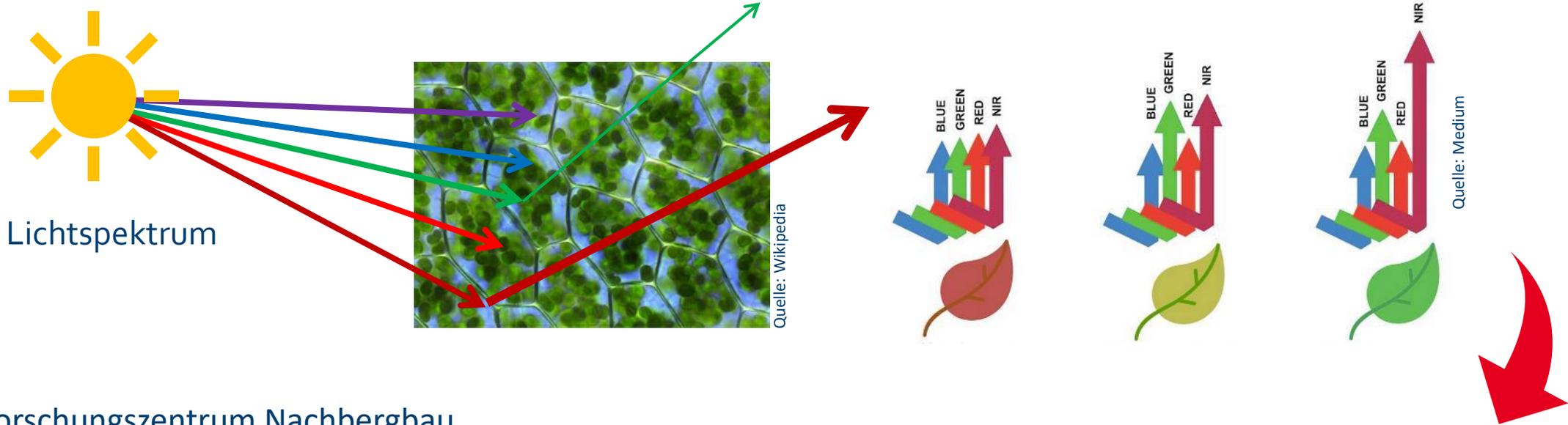


20.03.2025

Digitales Orthophoto RTK-Drohne



# Umwelt- und Geomonitoring mit Drohnen



## Forschungszentrum Nachbergbau

<p><b>Corrosion Index</b></p> $\text{CorrIndex} = \frac{\text{NIR} - \text{BLUE}}{\text{NIR} + \text{BLUE}}$ <p>(Bernsdorf et al. 2023<sup>3</sup>)</p>	<p><b>Green-Red Water Index</b></p> $\text{GRWI} = \frac{\text{NIR} - (\text{Green} - \text{RedEdge})}{\text{NIR} + (\text{Green} + \text{RED} + \text{RedEdge})}$ <p>(Pawlik et al. 2024<sup>2</sup>)</p>
---	--

## Normalized Difference Vegetation Index

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

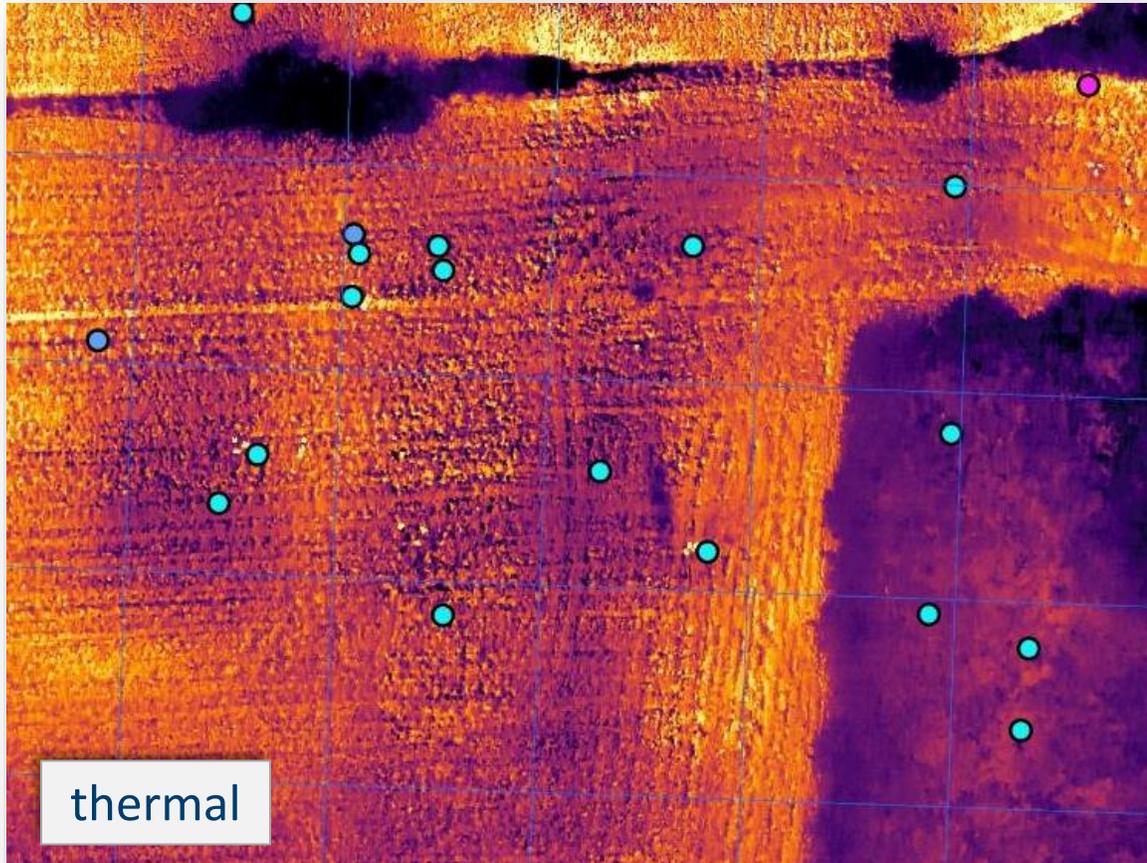
(Rouse et al. 1974<sup>1</sup>)

<sup>1</sup>Rouse, J.; Haas, R.; Schell, J.; Deering, D. (1974): Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. [online] <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19740022614/downloads/19740022614.pdf> [abgerufen: 26.02.2025]

<sup>2</sup>Pawlik, M., Rudolph, T., Bernsdorf, B. & Benndorf, J. (2024): Proposal for a new Green Red Water Index for geo-environmental surface water monitoring.- in: IOP Conference Series Earth and Environment Science 1295(1) :012013, Wroclaw. [online] <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1295/1/012013> , doi: 10.1088/1755-1315/1295/1/012013 [abgerufen: 13.03.2025]

<sup>3</sup>Bernsdorf, B., Haske, J. Rößmann, H., Rudolph, T. & Meier, C. (2023): Zur Entwicklung eines UAV-basierten multispektralen Korrosionsindex für ein Industriekultur-Geomonitoring. [online] <https://thga.sciebo.de/s/j1oHynlJr952Jo1> [abgerufen: 13.03.2025]

# Geomonitoring: Vegetation und Wasser



**Hitze** (Juli 2022 „Hohe Heide“ versus **Nässe** (Winter 2023/2024 „Burenbrock“))

Gefördert durch:  
**RAGSTIFTUNG**  
Referenznummer: 2021-0002

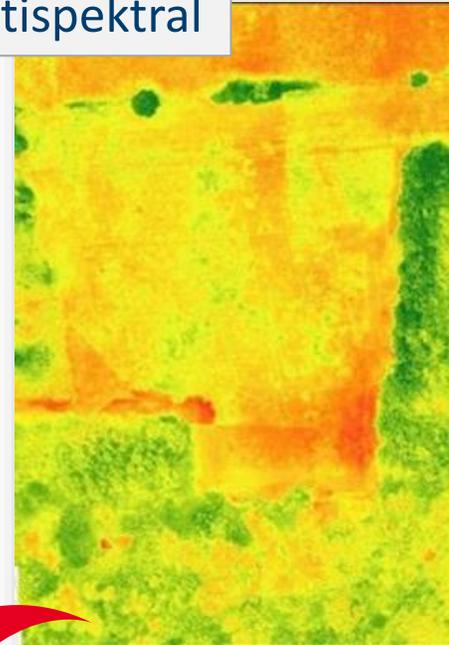
# Geomonitoring: Vegetation und Wasser

RGB



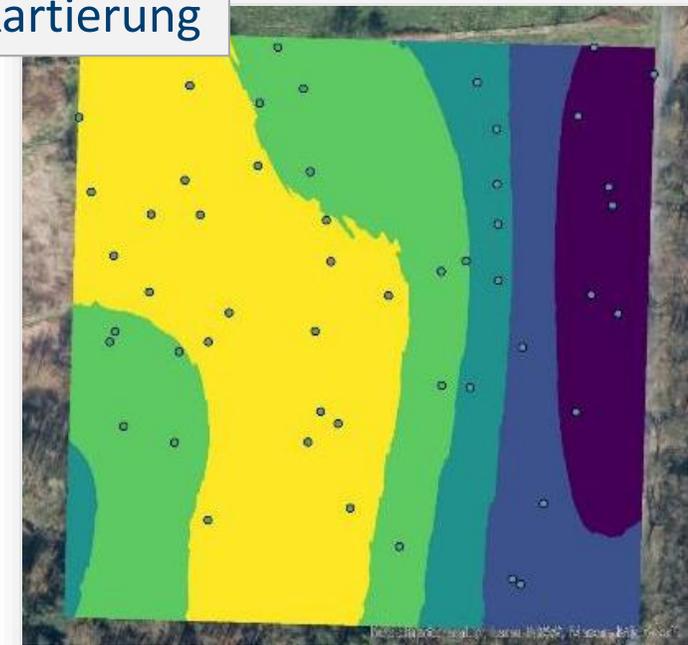
©FZN: Pawlik

multispektral

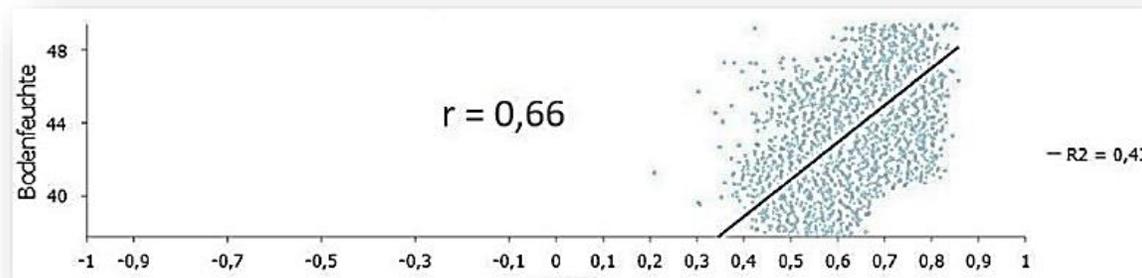


©FZN: Pawlik

Kartierung



©FZN: Pawlik/Bernsdorf<sup>1</sup>



**Korrelationsanalysen** zwischen Pflanzengesundheit und Bodenfeuchte im Polder Boye-Oberlauf

# Geomonitoring: Vegetation und Wasser



Grubenwassereinleitung

Zeche Heinrich Schacht 3  
Essen-Holthausen

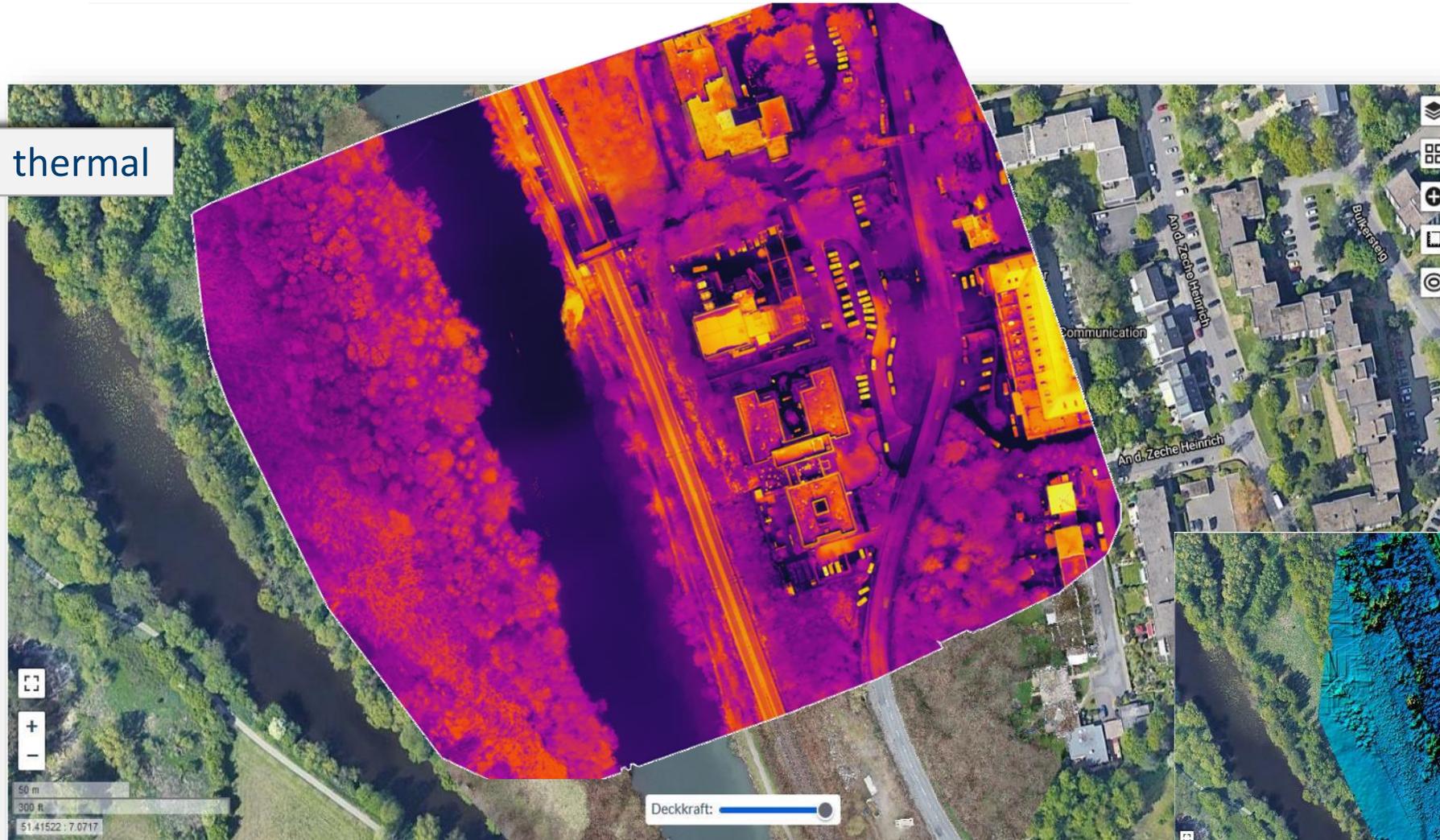


20.03.2025

©FZN: Rössmann / Bernsdorf

# Geomonitoring: Vegetation und Wasser

thermal



Grubenwassereinleitung

Zeche Heinrich Schacht 3  
Essen-Holthausen

„Nebenprodukt“ Höhenmodell



20.03.2025

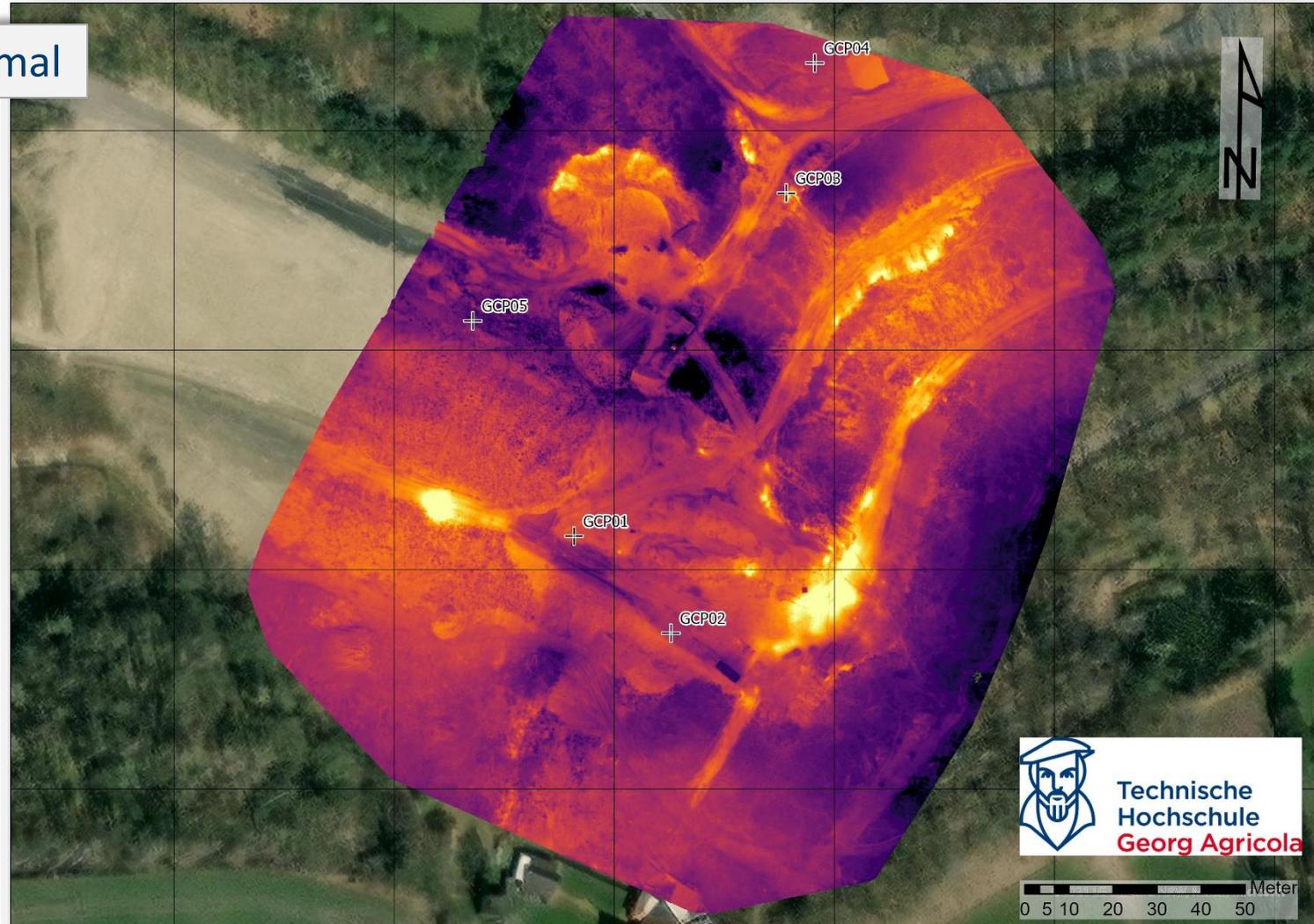
©FZN: Rössmann / Bernsdorf

# Sicherheit 1: Haldenbrände



# Sicherheit 1: Haldenbrände

thermal

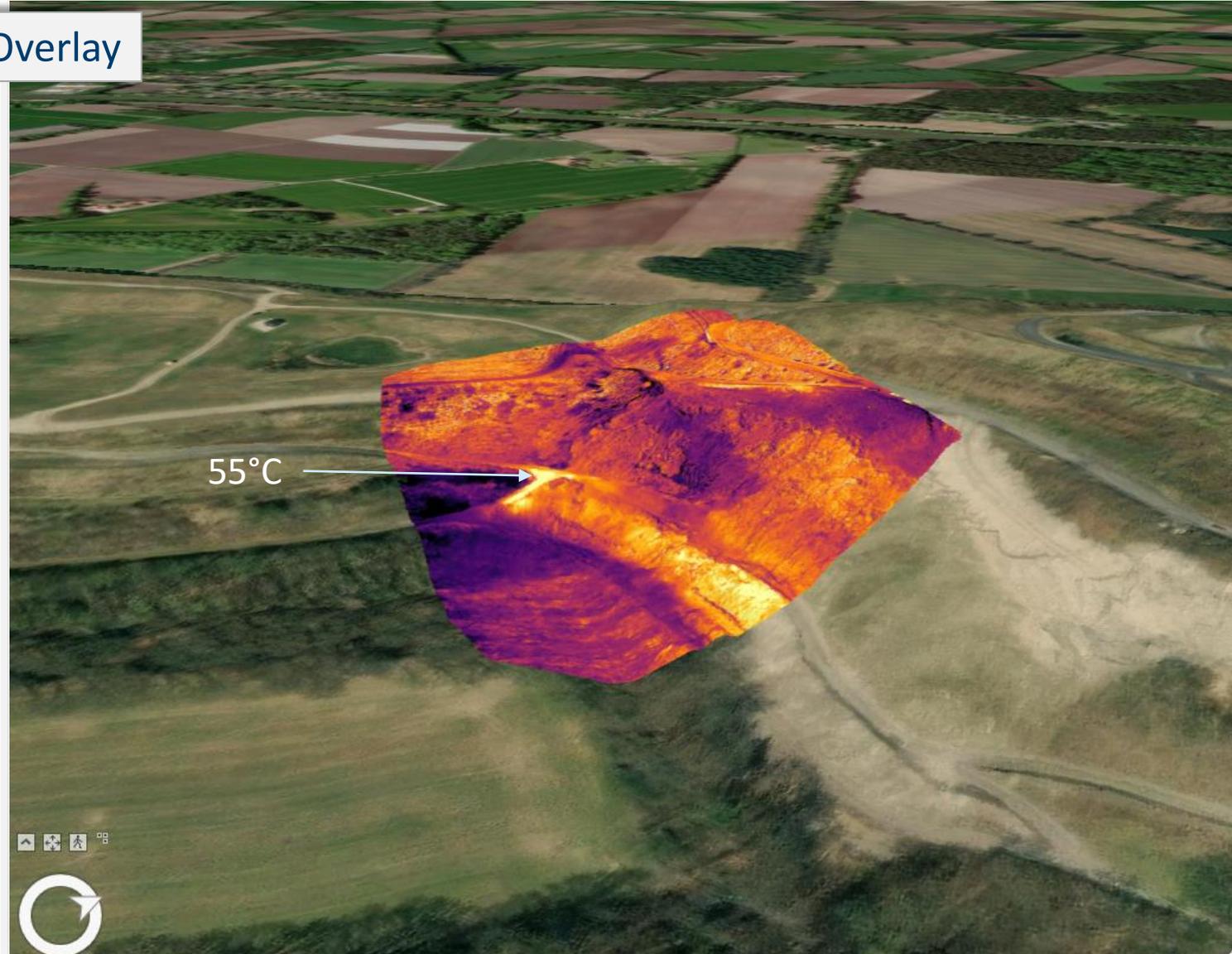


©FZN: Rössmann / Bernsdorf / Haske

# Sicherheit 1: Haldenbrände



Thermal 3D-Overlay



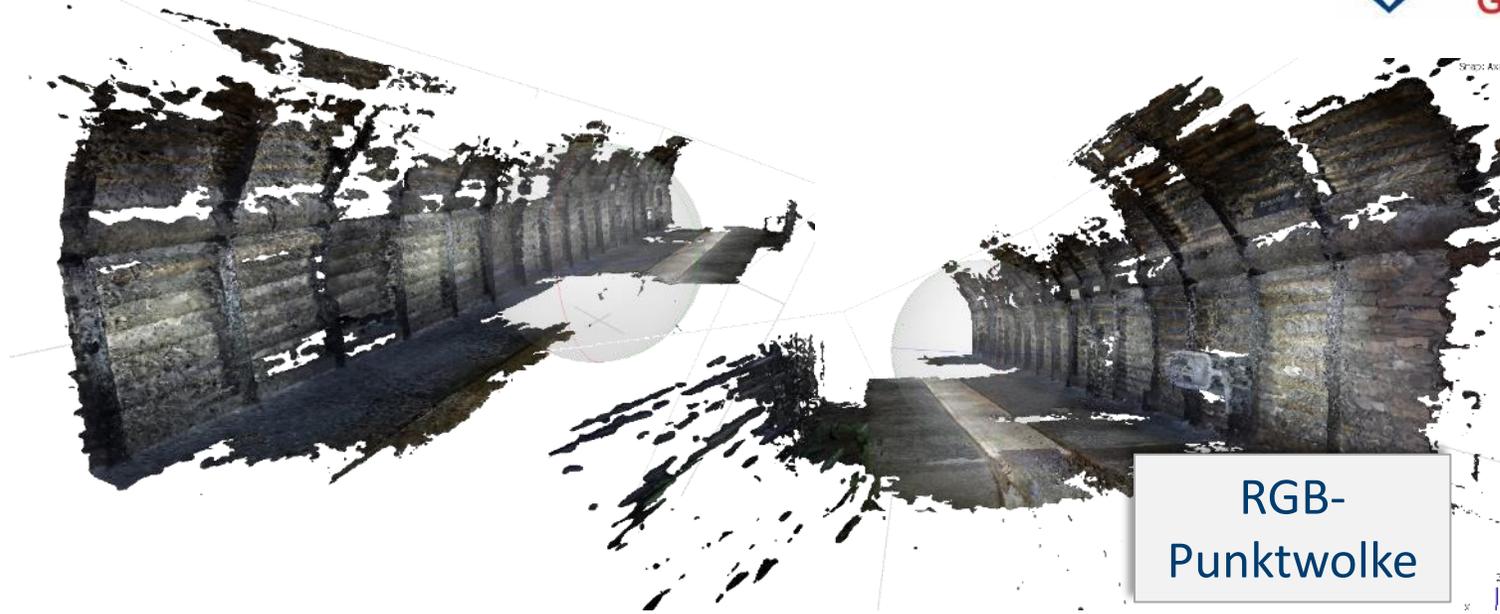
©FZN: Haske



# Sicherheit 2: Untertage-Photogrammetrie



©FZN: Bernsdorf



RGB-  
Punktwolke



3D-Modell

©FZN: Haske

# Sicherheit 3: Anlagen-Integrität/Gasdetektion



@THGA. Krause



©FZN: Haske

RGB 3D-Modell

20.03.2025

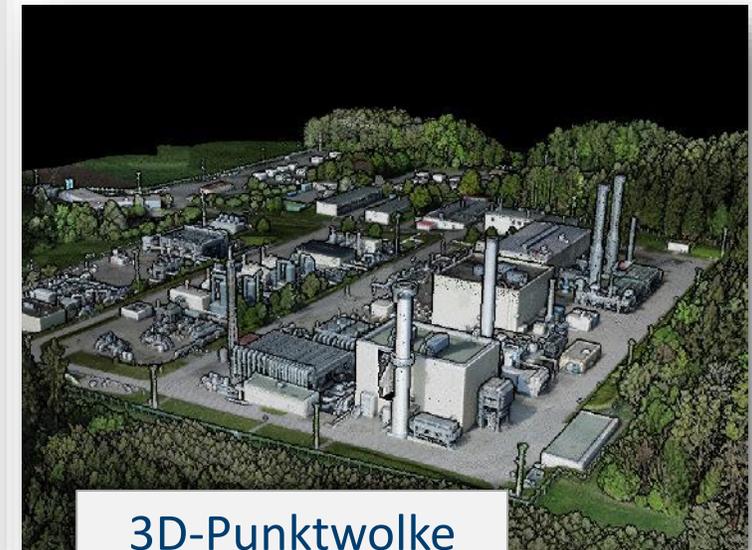


Gassensor auf dem Kopter  
Optische, thermale Kamera und Laserscanner unter  
dem Kopter

©FZN: Rudolph

## Anlagen- und Pipeline-Monitoring

Kavernenspeicher Gronau-Epe  
und Porenspeicher Oberbierwang



©FZN: Pawlik/Haske

3D-Punktwolke  
aus Laserscan

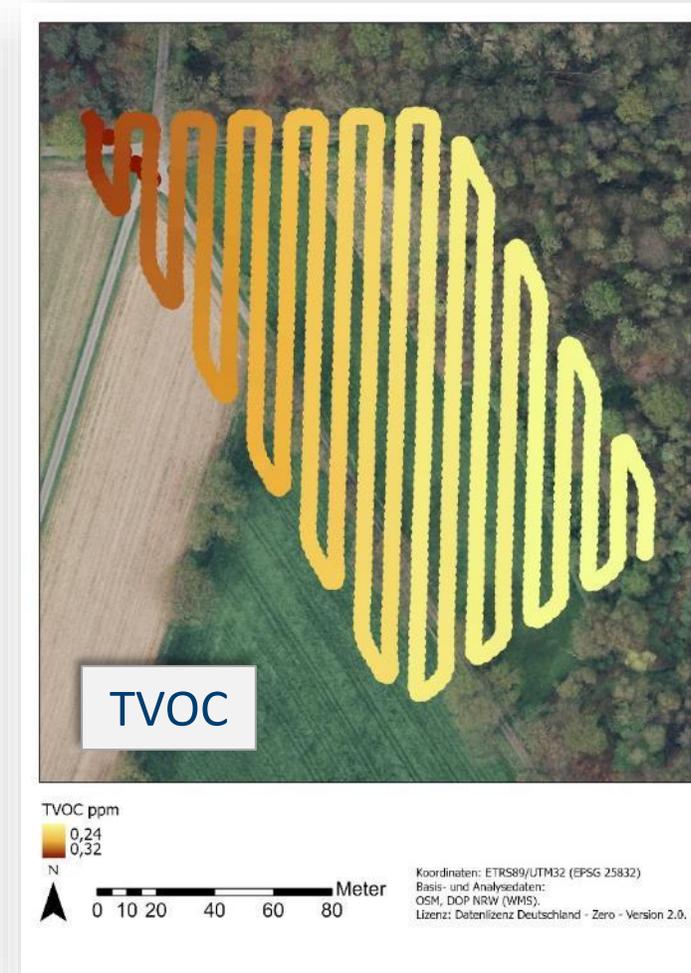
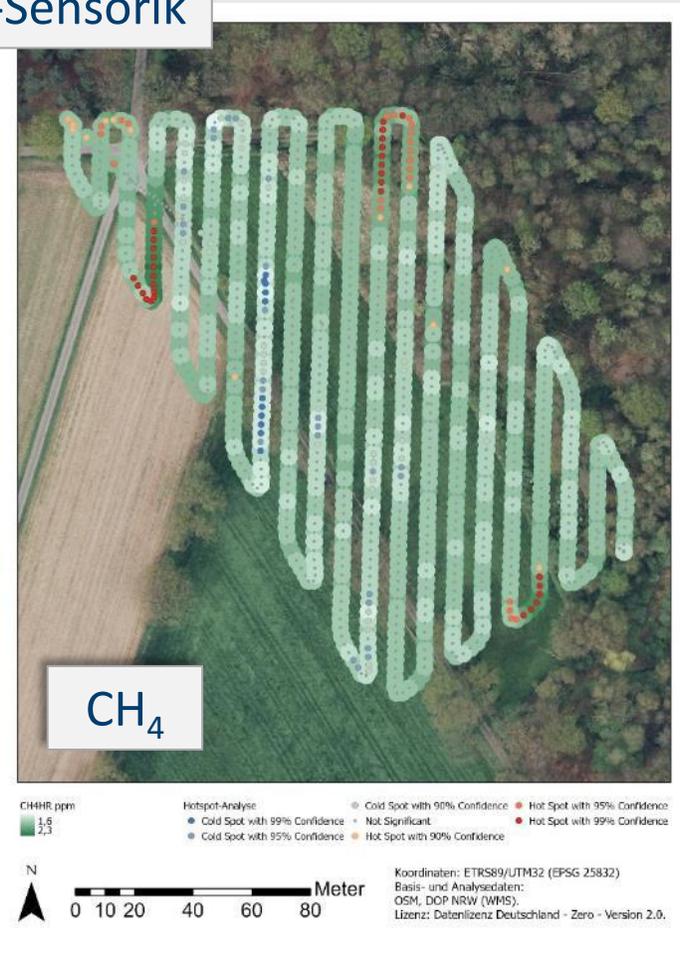
Gefördert durch:



Seite 18

# Sicherheit 3: Anlagen-Integrität/Gasdetektion

## Gas-Sensorik

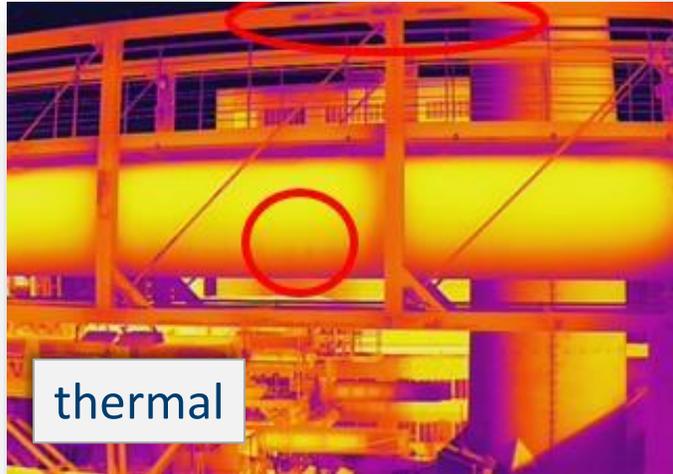


©FZN: Haske

# Industriekultur: Zollverein bis Rammelsberg



Kokerei Zollverein



thermal



RGB

Zeche Pluto



unesco

Welterbestätte  
Industriekomplex Zeche  
Zollverein in Essen

MUSEEN  
DORTMUND

©FZN. Haske/Rudolph

Kokerei Zollverein



RGB-Punktwolke

Hoesch-Stahlhaus

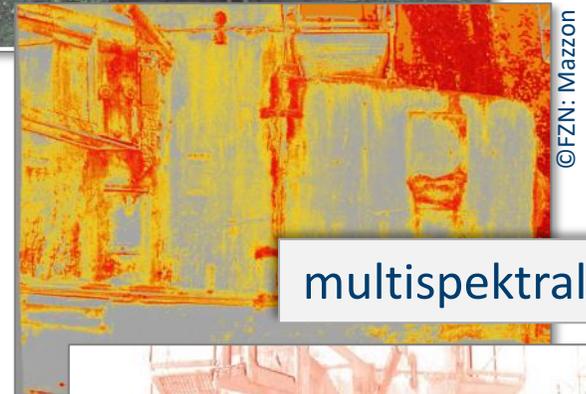


thermal 3D-Modell

©FZN. Haske

# Industriekultur: Zollverein bis Rammelsberg

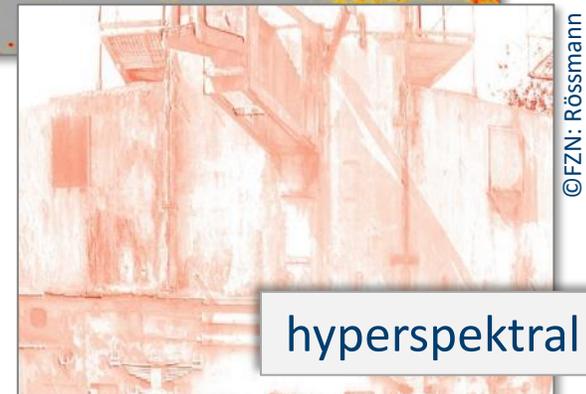
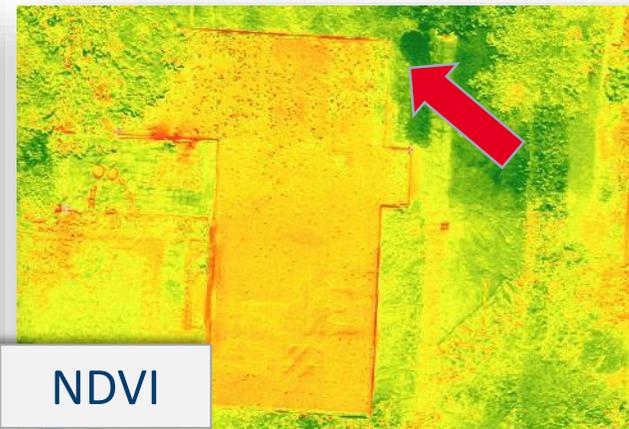
### Zeche Pluto



Materialanalysen

an Objekten der  
Industriekultur mit  
diversen Sensoren und  
Analysen

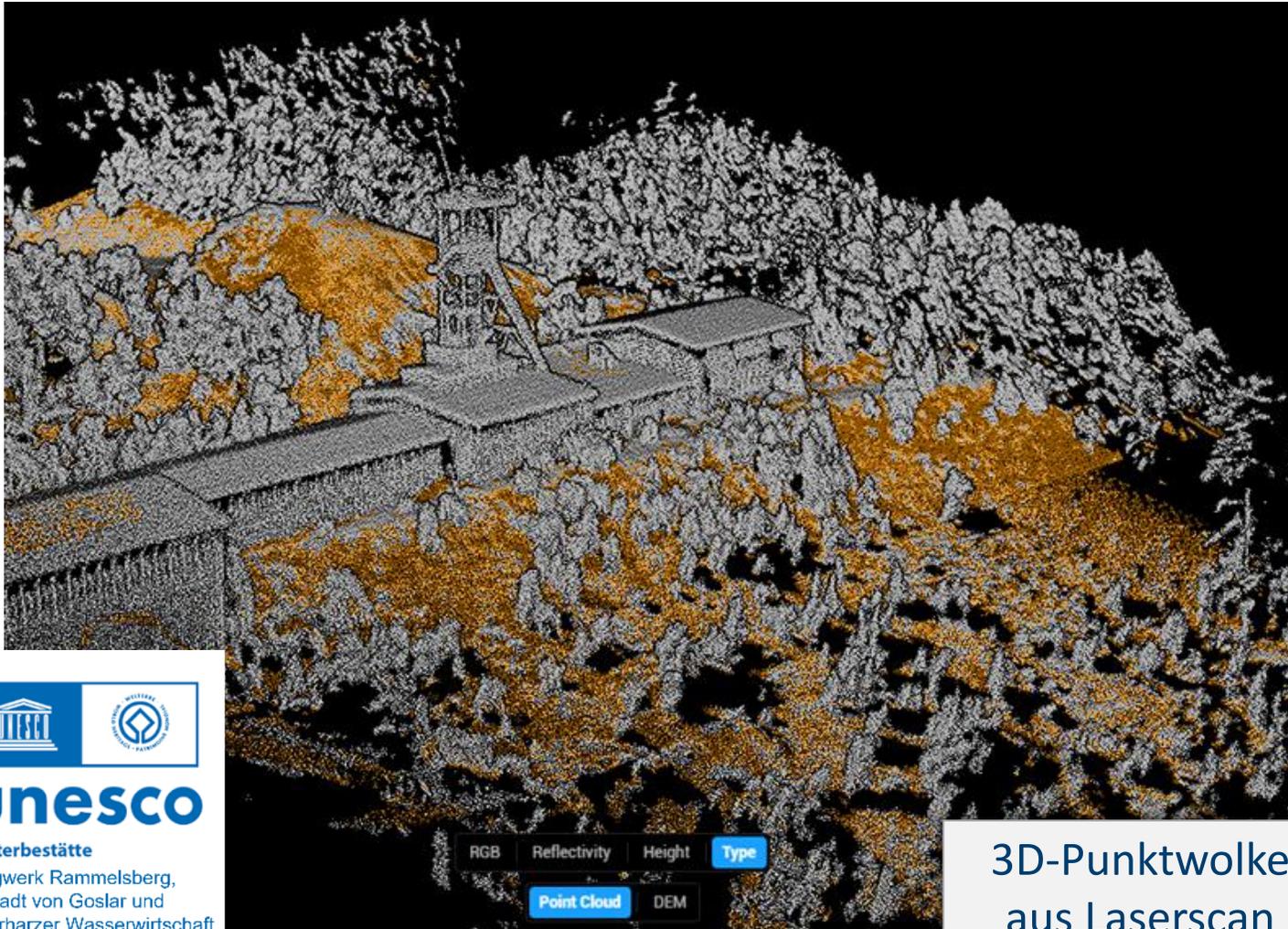
### Hoesch-Stahlhaus



### Löschlokomotive Zollverein

Gefördert durch:  
**DBU**  
Kennzeichen 37668/01-45

# Industriekultur: Zollverein bis Rammelsberg



**unesco**

Welterbestätte  
Bergwerk Rammelsberg,  
Altstadt von Goslar und  
Oberharzer Wasserwirtschaft  
Welterbe seit 1992/2010

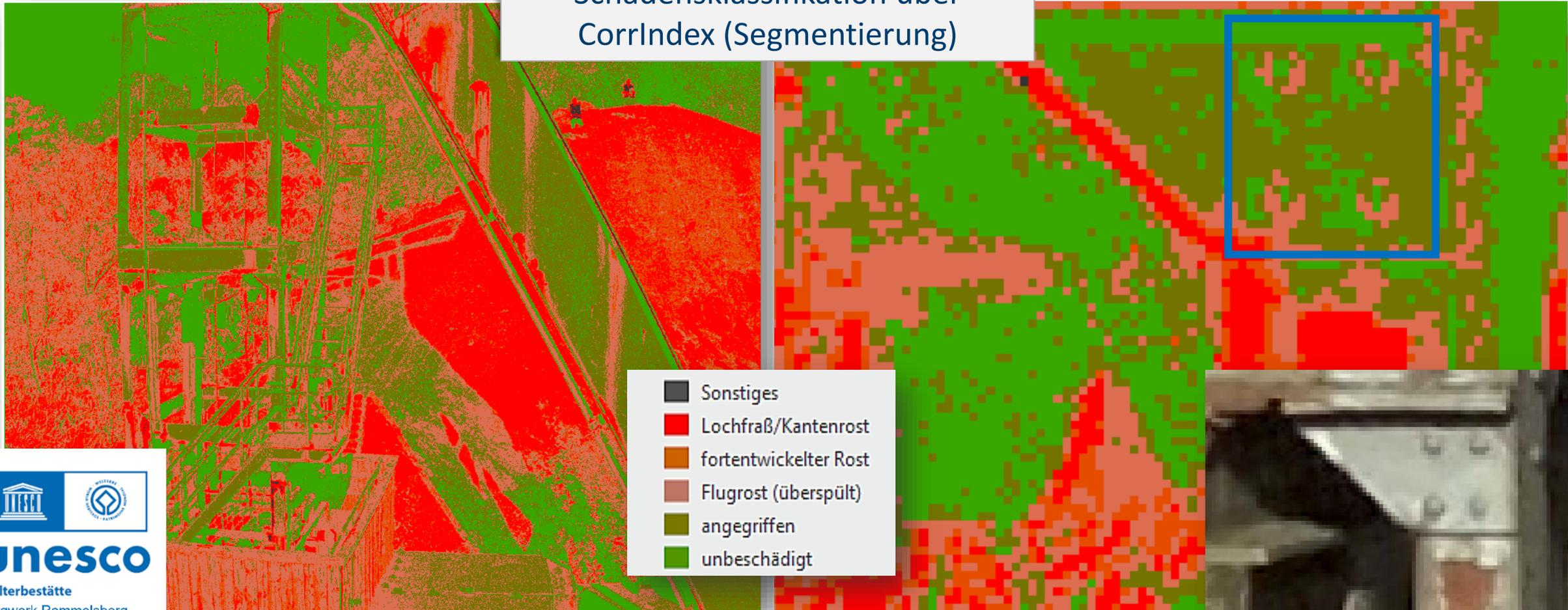
3D-Punktwolke  
aus Laserscan



©FZN: Bernsdorf

# Industriekultur: Zollverein bis Rammelsberg

Schadensklassifikation über  
CorrIndex (Segmentierung)



©FZN: Bernsdorf



# Fazit

- **Möglichkeiten** von Drohnen in Kombination mit Vielfalt der Sensoren **fast „endlos“**
- Beispiele vom **Poldermanagement** zur Prognose des Pumpeneinsatzes über **Sicherheits- und Integritätsanwendungen** bis zur **Bewertung montanhistorischer Objekte** zeigen die Vielfalt.
- Drohnen eignen sich für ein **engmaschiges Geo-, Umwelt- und Objektmonitoring** mit Detailaussagen (zwischen in situ und Satellit)
- **Sensortechnik** entwickelt sich weiter (bspw. Raster-Methankameras im Bereich  $3,2 - 3,4 \mu\text{m}$ )
- Aufwand der **Datenauswertung** kann zukünftig über **maschinelles Lernen / künstliche Intelligenz** vereinfacht und beschleunigt werden



# Kontakt

**Dr. rer. nat. Bodo Bernsdorf**

- Senior-Researcher Geomonitoring
- Brandoberinspektor

**Technische Hochschule  
Georg Agricola**  
Forschungszentrum Nachbergbau

Herner Straße 45  
D-44787 Bochum

51° 29' 16,0" N  
07° 12' 48,0" E

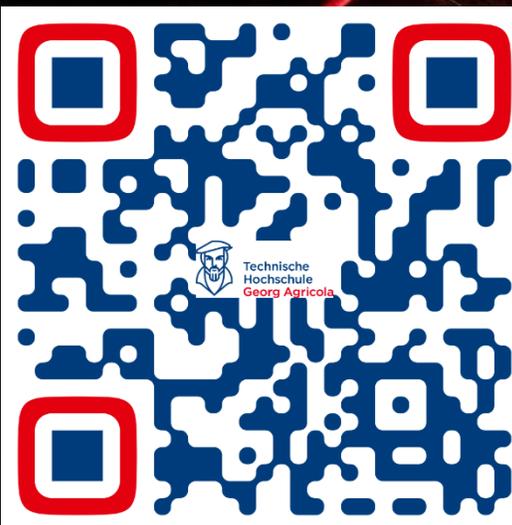
+49 (234) 968 4210  
+49 (170) 855 2625  
[bodo.bernsdorf@thga.de](mailto:bodo.bernsdorf@thga.de)  
[fzn.thga.de](http://fzn.thga.de)  
[www.thga.com](http://www.thga.com)



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

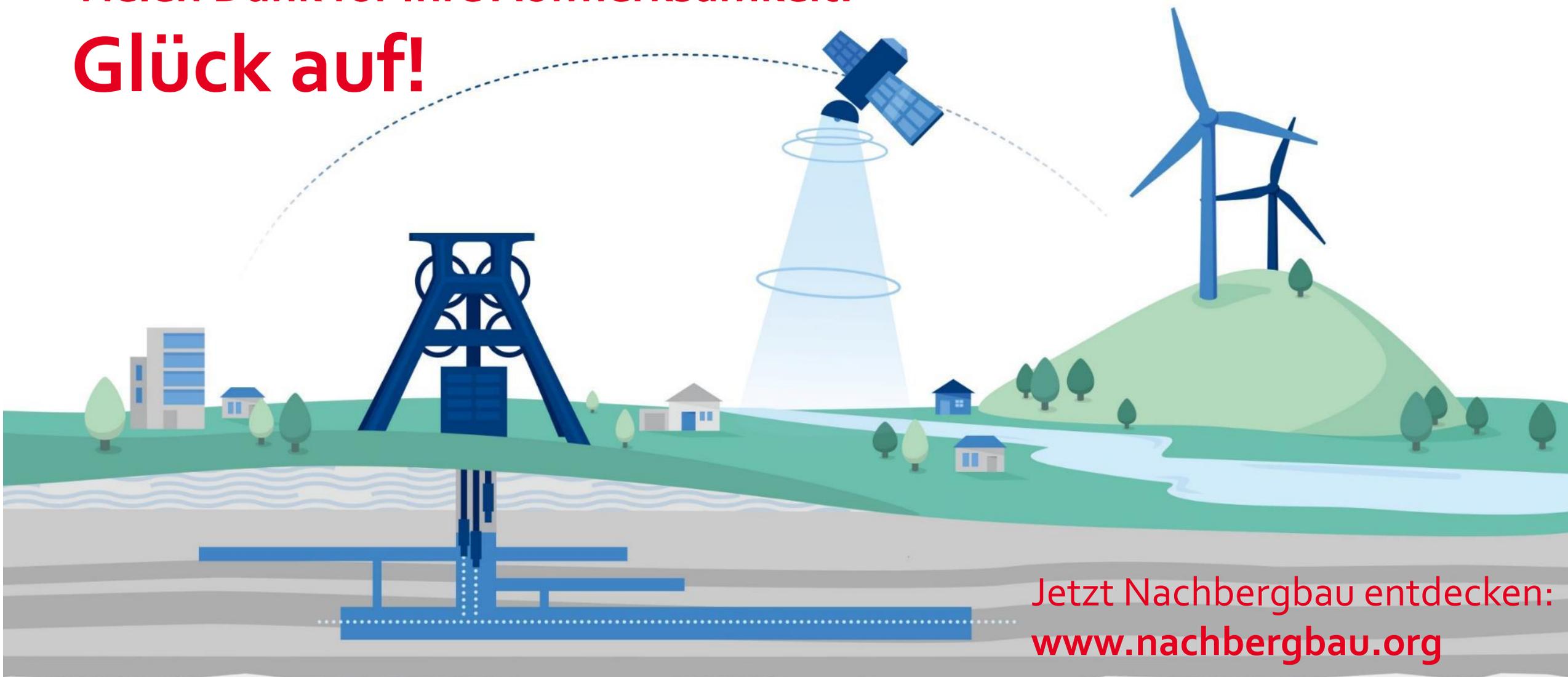
## Unsere Forschung bringt Licht ins Dunkel.

Forschungszentrum Nachbergbau





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!  
**Glück auf!**



Jetzt Nachbergbau entdecken:  
[www.nachbergbau.org](http://www.nachbergbau.org)