



Forschungskooperation Epe (Vorgang 406/2021)

Stadt Gronau, Ausschuss für Mobilität, Umwelt und Klimaschutz, 14. Sitzung

Für die Forschungskooperation Epe:

Peter Goerke-Mallet¹, Andre Homölle⁴, Andreas Müterthies², Holger Perrevort³,
Sebastian Teuwsen², Carmen Tomlik¹, Helmut Wüpping³, Tobias Rudolph¹

Mit Unterstützung von

Benjamin Haske¹, Martha Poplawski¹, Carsten Stemmler², Chia-Hsiang Yang²

¹ Forschungszentrum Nachbergbau – Technische Hochschule Georg Agricola, Bochum

² EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Münster

³ Bürgerinitiative Kavernenfeld Epe e.V.

⁴ Stadt Gronau (Westf.)

8. Dezember 2022

tobias.rudolph@thga.de

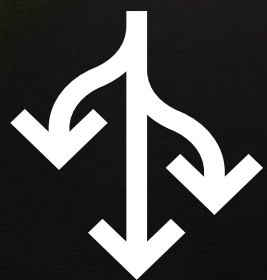
www.thga.de

www.nachbergbau.org

www.eftas.de

www.monitoring-epe.de





Eine Forschungsk Kooperation für Gronau und Epe

- Entwicklung einer **Lösung** zur **Bestimmung** des **Einwirkungsbereiches** der Bodenbewegungen im Kavernenfeld Epe.
- Nutzung der freiverfügbaren Datensätze des **EU-Raumfahrtprogramms Copernicus**
- Nutzung der **lokalen Informationen** und des **Wissens** der BürgerInnen in Gronau und Epe



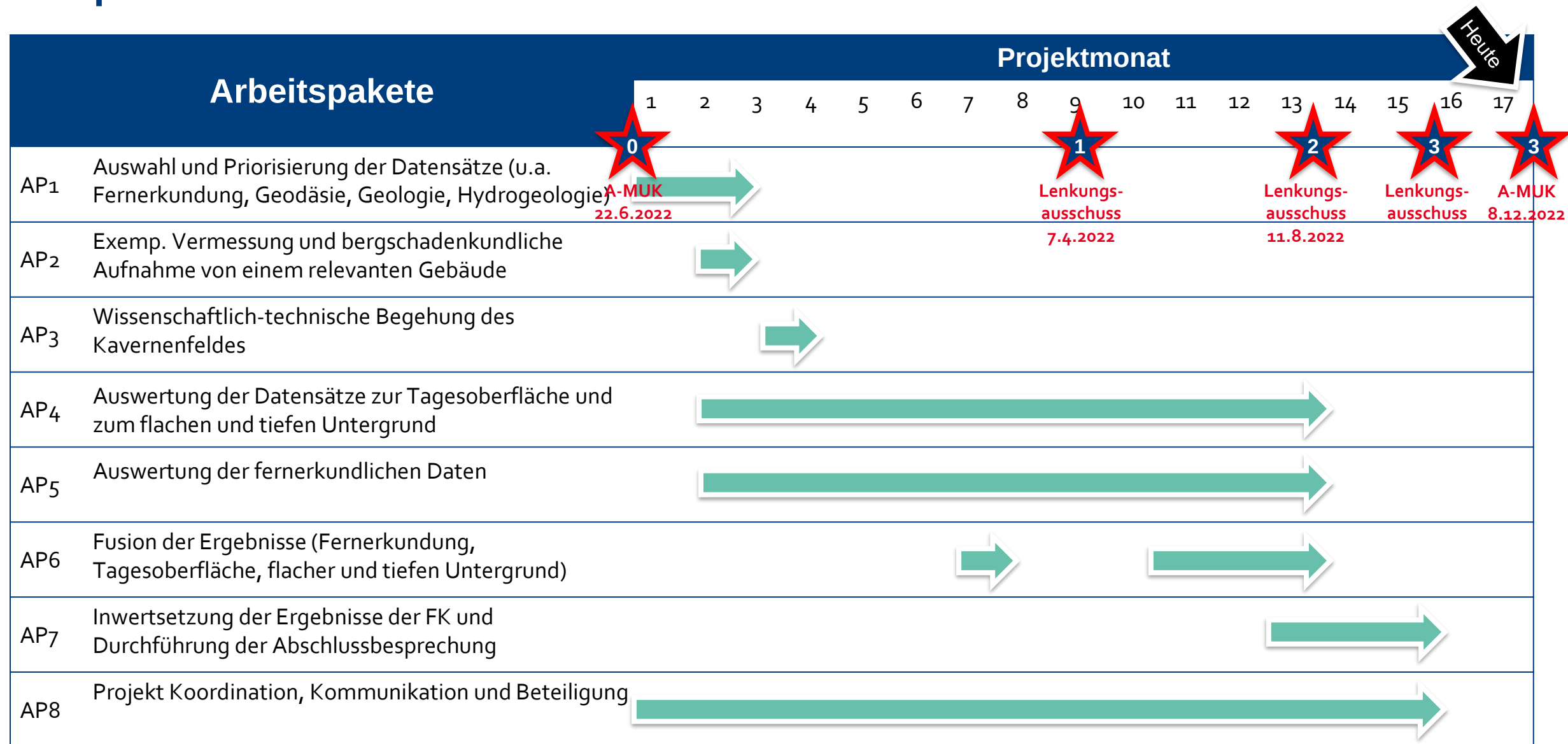
Technische
Hochschule
Georg Agricola

T

Lösung – Beteiligung – Kommunikation



Zeitplan



Wir sind für Sie da!

Umfrage über die
Webseite ✓

Einführung
8. April 2022 ✓

Bergschadenkunde
10. Juni 2022 ✓

Fahrradtour
13. August 2022 ✓

Überwachung
20. Januar 2023

Dialog

Zwei Befahrungen
mit der BI-K ✓

GNSS Messung
18. November 2022 ✓

Zukunft
9. September 2022 ✓

Zwei
Arbeitstermine
mit der SGW ✓

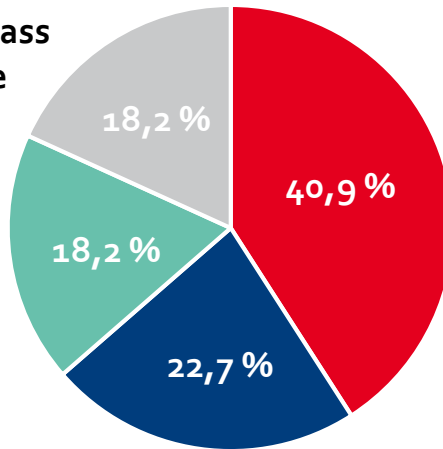
Teilnahme an der
Betreiberrunde ✓



www.monitoring-epe.de

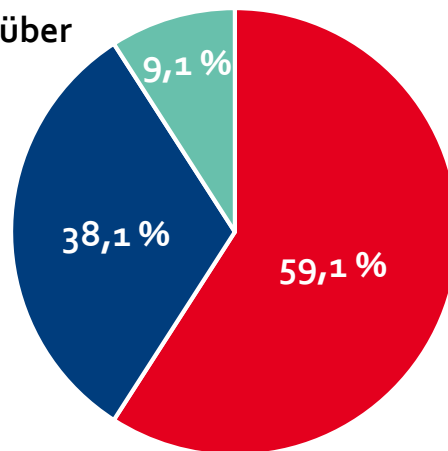
Online-Umfrage auf monitoring-epe.de

Haben Sie das Gefühl, dass Sie ausreichend über die Entwicklung der Kavernen informiert werden?



- Ja, ich bin gut informiert
- Ja, ich weiß manches, wünsche mir aber speziellere Informationen
- Nein, ich fühle mich nicht ausreichend informiert
- Nein, ich denke, dass der gesamte Entwicklungsprozess intransparent ist

Möchten Sie in Zukunft weitere Informationen über die Forschungs-kooperation erhalten?



- Ja, sehr gerne
- Ja, aber nur bei Informationsveranstaltungen
- Nein, Danke

Gestellte Fragen

- Welche Ursachen und Ausmaße haben die Bodenbewegungen?
- Was passiert mit dem Wasserhaushalt, wenn das Gelände weiter absackt?
- Wie sicher sind die Kavernen auf Dauer?
- Wie sieht es hier in 100 Jahren aus?

Ergebnisse

Die Umfrage zeigte

- Den Bedarf an Hintergrundinformationen
- Den Bedarf an langfristigen Abschätzungen
- Das Interesse an wissenschaftlich unabhängigen Antworten



Ausschuss MUK 15.6.2021



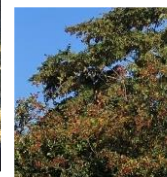
Bergschadenbefahrung 8.9.2021



Forschungskooperation 23.7.2021



Fahrradexkursion 15.8.2022



Drei Informationsveranstaltungen
8.4.2022, 10.6.2022, 9.9.2022



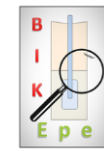
Amtsvenn 17.9.2021



Drei Studierende Exkursionen 2021/2022



Regelmäßige Befahrungen 2021/2022



Technische
Hochschule
Georg Agricola

T

Wir sind für Sie aktiv!



Das „Puzzle Bodenbewegung“ im Kavernenfeld Epe Forschungskooperation Epe (Vorgang 406/2021)

Für die Forschungskooperation Epe:
Peter Goerke-Mallet¹, Andre Homolle², Andreas Mütterthies³, Holger Perrevort³,
Martha Poplawski¹, Sebastian Teuwsen², Tobias Rudolph¹

¹ Forschungszentrum Nachbergbau – Technische Hochschule Georg Agricola, Bochum
² EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Münster
³ Bürgerinitiative Kavernenfeld Epe e.V.,
Stadt Gronau (Westf.)

13. September 2022



tobias.rudolph@thga.de
www.thga.de
www.nachbergbau.org
www.monitoring-epe.de



Monitoring Ground Movement – The big jigsaw of the cavern gas-storage Epe, Germany (Topic 406/2021)

Prof. Dr. Tobias Rudolph – Research Center of Post-Mining, Technische Hochschule Georg Agricola, Bochum, Germany

EAGEGET.ORG

EAGE



Monitoring Ground Movement – The big jigsaw of the cavern gas-storage Epe, Germany

T. Rudolph¹, P. Goerke-Mallet², M. Poplawski¹, A. Mütterthies³, S. Teuwsen², C. Yang¹

¹ Technische Hochschule Georg Agricola – Research Center of Post-Mining; ² EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH

Summary

Monitoring an underground gas-storage is complex and challenging. Figuratively speaking, it is a jigsaw, in which not all pieces are available, and not completely clear which motif will be created. At the same time, it is necessary to explain the motif. This process is already challenging for experts, but even poses great problems for a large number of local stakeholders to understand the process. The research cooperation Epe aims to make the ground movement at the cavern storage Epe (NW-Germany).

BGR Workshop Bodenbewegung



Das „Puzzle Bodenbewegung“ im Kavernenfeld Epe - Teil 2

WIE EINE FORSCHUNGSKOOPERATION DIE PUZZELTEILE ZU EINEM BILD ZUSAMMENSETZT

The “ground movement puzzle” in the Epe cavern field - Part 2

HOW A RESEARCH COOPERATION PUTS THE PIECES OF THE PUZZLE TOGETHER TO FORM A PICTURE

Von / By T. RUDOLPH, P. GOERKE-MALLET, A. HOMOLLE, M. POPLAWSKI, A. MÜTERTHIES, H. PERREVORT, S. TEUWSEN, C.-H. YANG*

Die Radar-Fern-

gleich von Daten

der Bewegungen

darunterfokussiert

das. Die Heraus-

forderung für ein

Epe, sind eine M

chige Aussage in

der Ableitung v

oder aus der Fil

gen abgeleitet w

liefern durch die

schiedliche Erg

vernefeld. Epe

Deutschland (St

cher durch die I

stoffe. BGR) b

kooperation die I

des Sensors (ne

bildet hat. Aufbe

test-Scatter-Int

dargestellt. Der

Grund Motion S

wurde im Verla

te Bodenbeweg

Ergebnisse des

ingebauert (http

); Bodenbeweg

aber zu betriebl

ich der Auswe

Handlung könn

Darunter w

die nicht nur

derie radier

Beurteilung wa

Das „Puzzle Bodenbewegung“ im Kavernenfeld Epe - Teil 1

WIE EINE FORSCHUNGSKOOPERATION DIE PUZZELTEILE ZU EINEM BILD ZUSAMMENSETZT

The “ground movement puzzle” in the Epe cavern field - Part 1

HOW A RESEARCH COOPERATION PUTS THE PIECES OF THE PUZZLE TOGETHER TO FORM A PICTURE

Von / By T. RUDOLPH, P. GOERKE-MALLET, A. HOMOLLE, M. POPLAWSKI, A. MÜTERTHIES, H. PERREVORT, S. TEUWSEN, C.-H. YANG*

Kurzfassung

Die Überwachung der Bereitstellung von Georesourcen stellt eine komplexe Herausforderung dar. Bildlich gesprochen handelt es sich um ein Puzzle, bei dem nicht alle Teile vorhanden sind und nicht vollständig klar ist, welches Motiv entsteht. Gleichzeitig ist es notwendig, dieses Motiv zu erklären. Dieser Prozess ist bereits für Experten herausfordernd, stellt aber eine Vielzahl an Beteiligten und Betroffenen vor große Probleme. Hier ein vollständiges Prozessverständnis aufzubauen. Die Forschungskooperation Epe hat die Ziel die Bodenbewegung am Kavernenfeld Epe erklärbar zu machen und hier Transparenz bei den Einflussfaktoren der Bodenbewegungen aufzubauen. Hierzu wurde die Forschungskooperation aus der Stadt Gronau, der Bürgerinitiative Kavernenfeld Epe e.V., der Firma EFTAS GmbH, Münster und dem Forschungszentrum Nachbergbau der Technischen Hochschule Georg Agricola, Bochum gegründet. Zusätzlich wird dieses Vorhaben

Abstract

Monitoring the provision of georesources is a complex challenge. Figuratively speaking, it is a puzzle in which not all pieces are available and it is not completely clear which motif will be created. At the same time, it is necessary to explain the motif. This process is already challenging for experts, but poses great problems for a large number of participants and affected parties to build up a complete understanding of the process. The Epe research cooperation has the goal to make the ground movement at the cavern storage Epe explainable and to build up transparency in the influencing factors of the ground movements. For this purpose, the research cooperation was founded by the city of Gronau, the citizens' initiative Kavernenfeld Epe e.V., the company EFTAS GmbH, Münster and the Research Center of Post-Mining of the Technische Hochschule Georg Agricola, Bochum. In addition, this project is supported by the operators in the cavern field. In the



Wir machen Bodenbewegungen erklärbar!

Natürliche Ursachen (u.a.):

- Wassergehalt des (Erd-)Bodens
- Unterirdische Abtragung von Kalk, Gips und Salz (Subrosion)
- Tektonische Ereignisse (Erdbeben)
- Temperaturschwankungen
- Pflanzenwachstum (Wurzelhebung)
- Abbau von Biomasse (u.a. Belüftung)
- Eiszeitliche Ausgleichsbewegungen

Anthropogene Ursachen (u.a.):

- Wassergewinnung
- Bergbau
 - Steinkohle
 - Salzbergbau unter Tage
 - Erzbergbau
 - Erdgasgewinnung (Erdölgewinnung)
 - Kavernen
 - Untergrundspeicherung

Die Auswirkungen der Bodenbewegungen z. B. auf Gebäude wird wesentlich durch die Geschwindigkeit der Bewegung beeinflusst.

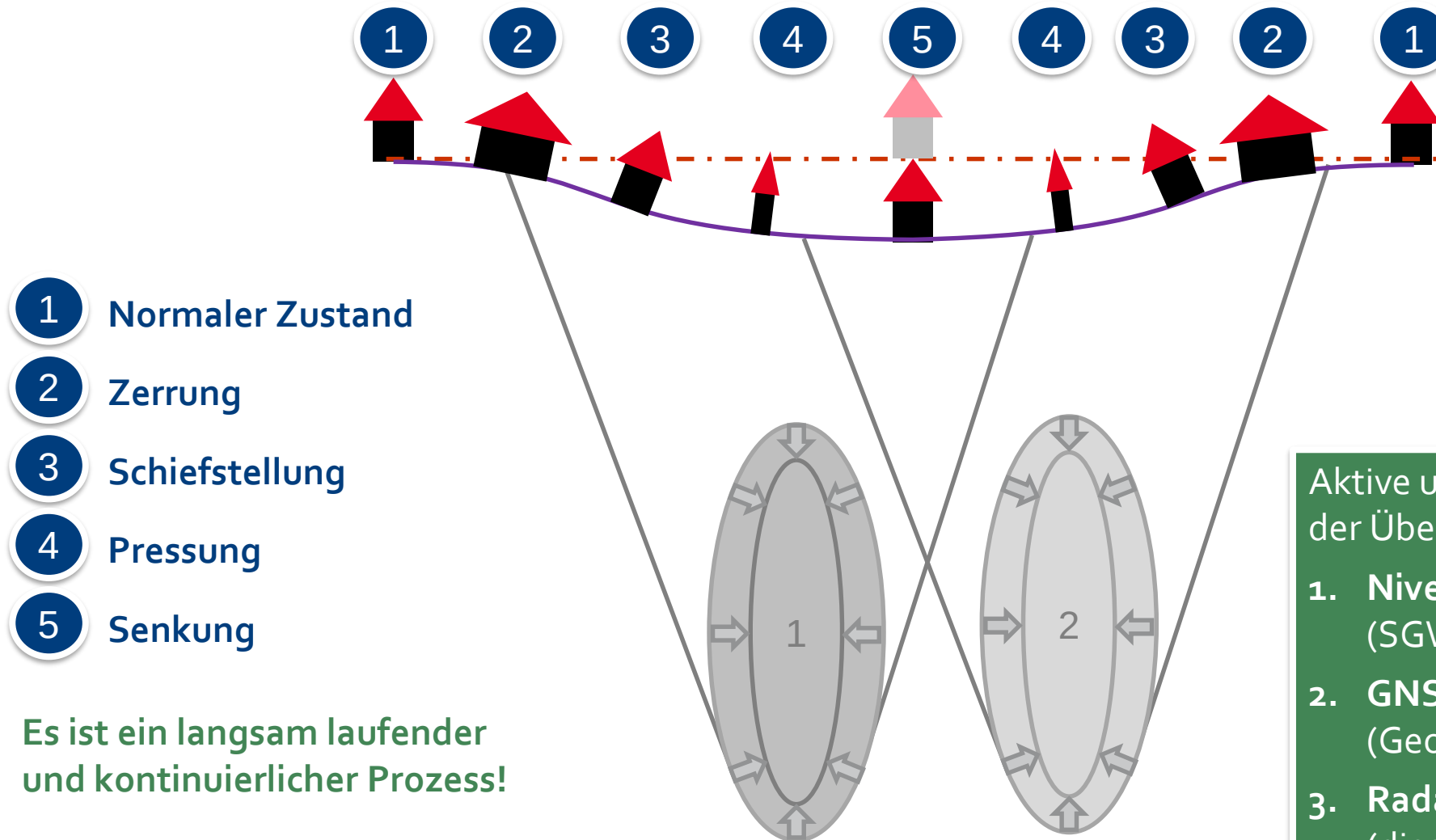
Senkungsgeschwindigkeiten (Bsp.):

- Steinkohlenbergbau: 2 cm/Tag
- Speicher-Kavernen: 2 cm/Jahr

**Massiver
Unterschied!**

Bodenbewegungen an einem Kavernenspeicher sind ein langsam laufender und kontinuierlicher Prozess!

Das Modell der Bodenbewegungen über Kavernen

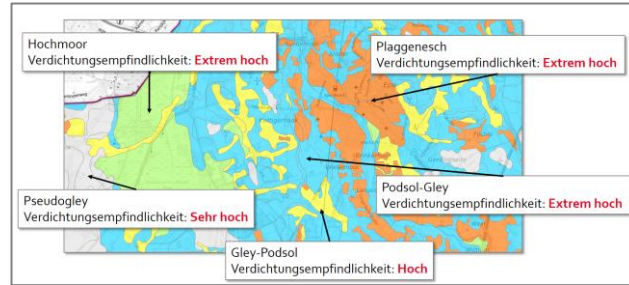


Aktive und fortlaufende Methoden der Überwachung

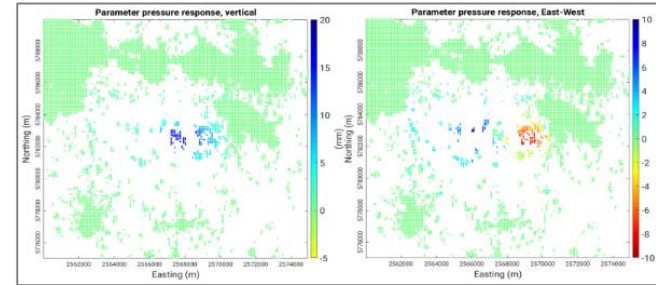
1. **Nivellement**
(SGW Markscheider)
2. **GNSS-Messungen**
(GeoBasis NRW)
3. **Radarinterferometrie**
(diese Forschungs Kooperation)

Was haben wir gemacht: Auswertung und Fusion öffentlicher Geodaten

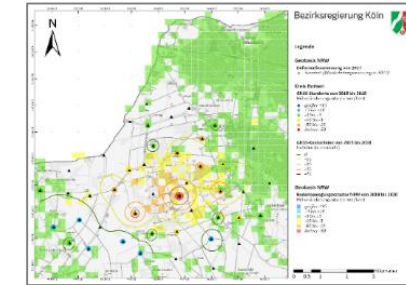
Bodentypen und Setzungen



Bodenbewegungen (Forschung)



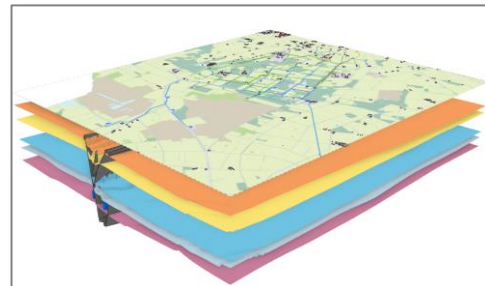
GNSS-Messung (Geobasis NRW)



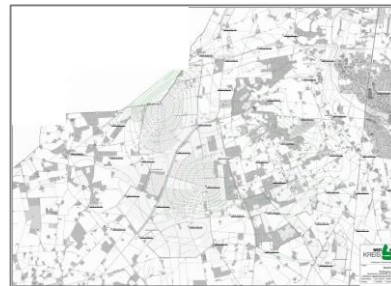
Hochwasseranalysen



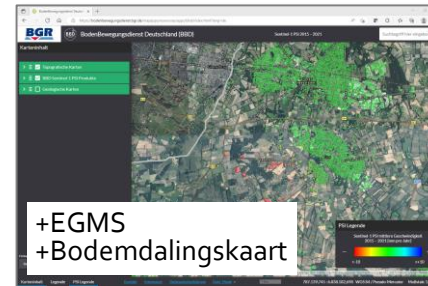
Untergrundanalyse



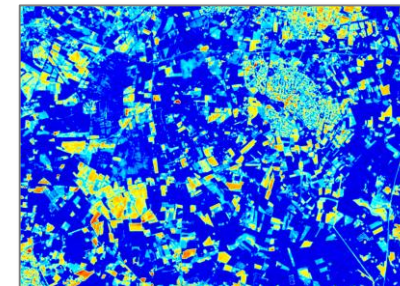
Nivellement (Kr. Borken)



Bodenbewegungsdienst



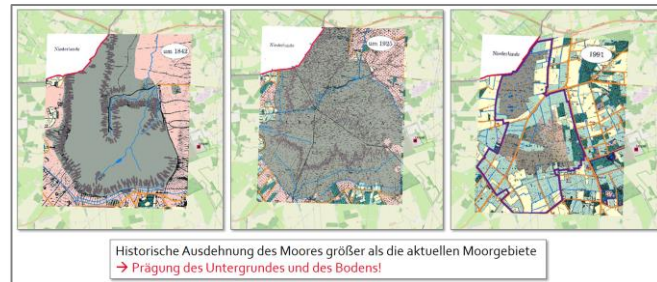
Analyse der Bodenfeuchte



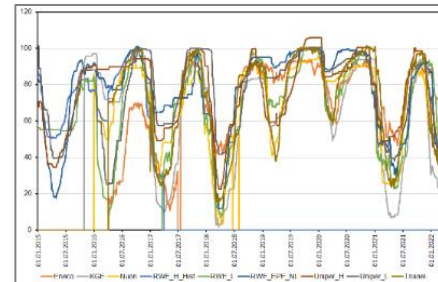
Risswerk (SGW)



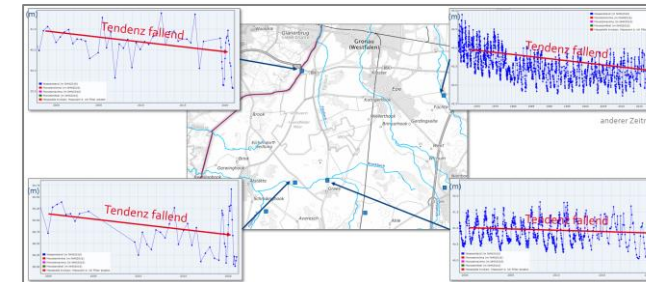
Ausbreitung des Moorgebietes



Füllstände von Speichern



Schwankungen des Grundwassers

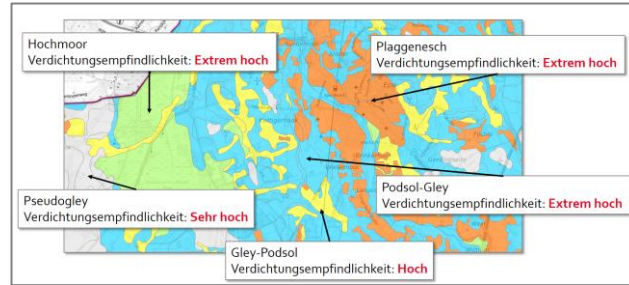


Setzungsempfindlichkeit

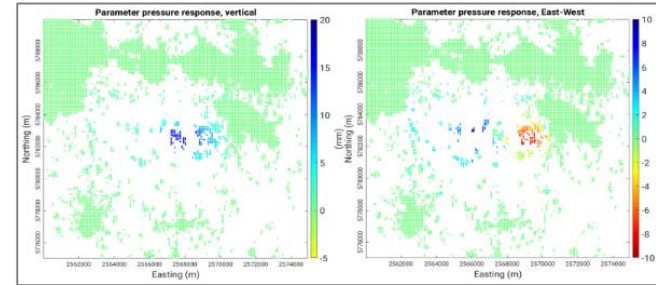


Was haben wir gemacht: Auswertung und Fusion öffentlicher Geodaten

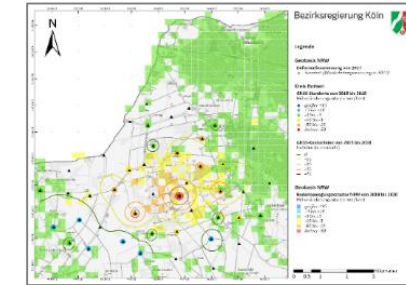
Bodentypen und Setzungen



Bodenbewegungen (Forschung)



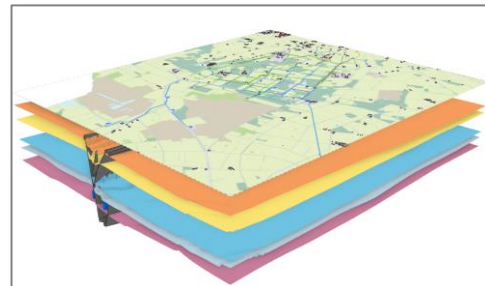
GNSS-Messung (Geobasis NRW)



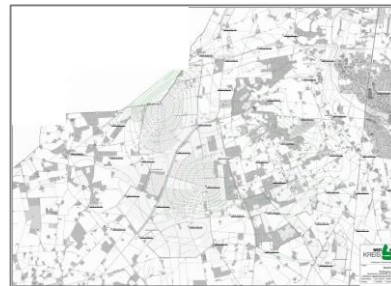
Hochwasseranalysen



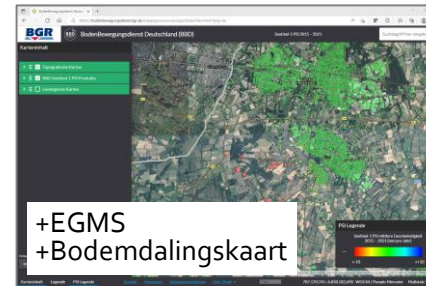
Untergrundanalyse



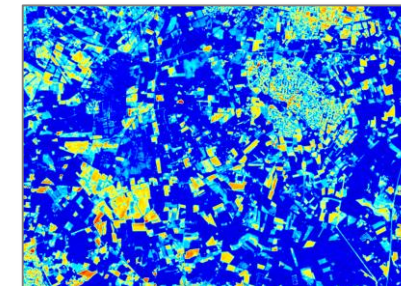
Nivellement (Kr. Borken)



Bodenbewegungsdienst



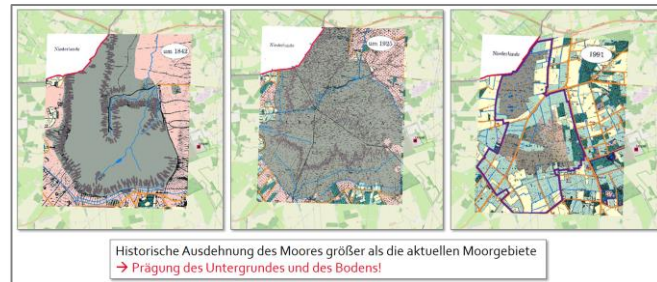
Analyse der Bodenfeuchte



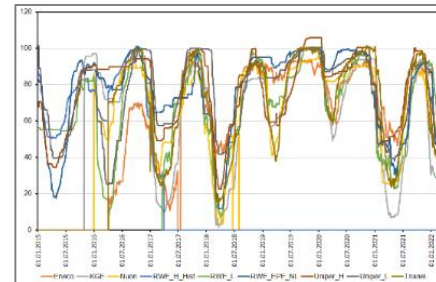
Risswerk (SGW)



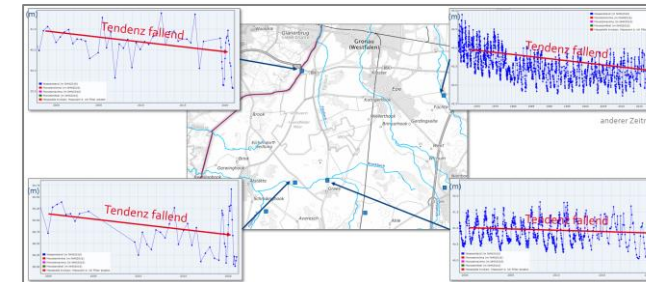
Ausbreitung des Moorgebietes



Füllstände von Speichern



Schwankungen des Grundwassers

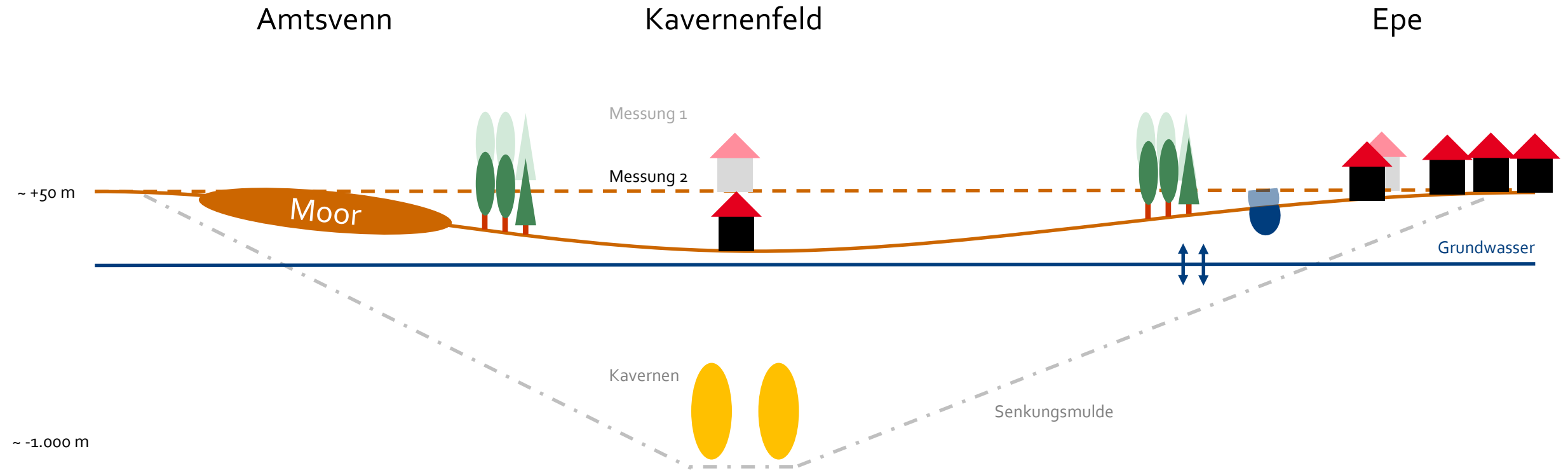


Setzungsempfindlichkeit

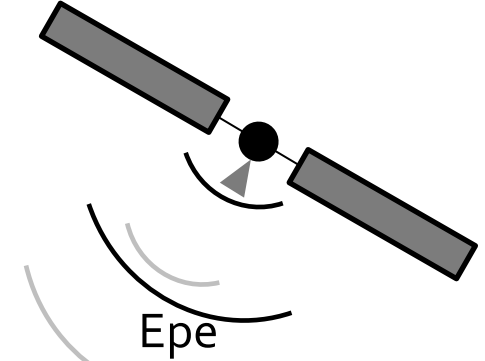


➔ Grundlage für die Radar-Fernerkundung

Vergleich der Methoden der Radar-Fernerkundung



Vergleich der Methoden der Radar-Fernerkundung



Amtsvenn

Keine Reflexionen

Kavernenfeld

Wenige Reflexionen

Viele Reflexionen

Epe

Messung 1

Messung 2

Messung 1

Messung 2

Moor

Grundwasser

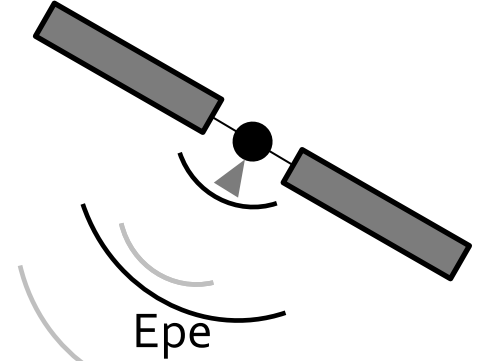
Kavernen

Senkungsmulde

~ +50 m

~ -1.000 m

Vergleich der Methoden der Radar-Fernerkundung



Amtsvenn

Keine Reflexionen

Kavernenfeld

Wenige Reflexionen

Viele Reflexionen

Epe

Messung 1

Messung 2

Messung 1

Messung 2

Moor

Grundwasser

	Flächen Methode (SBAS = Small Baseline Subset)	Punkt Methode (PSI = Persistent Scatterer Interferometry)
Flächige Auflösung	Niedrig (~15m * ~15m)	Hoch (< ~5m)
Darstellung	„Flächiges Pixel“	„Konstantes Element“
Eignung	Bebaute und unbebautes Gelände	Bebautes Gelände
Räumliche Abdeckung	Gebäude und unbewaldete Freiflächen	<u>Nur</u> Gebäude

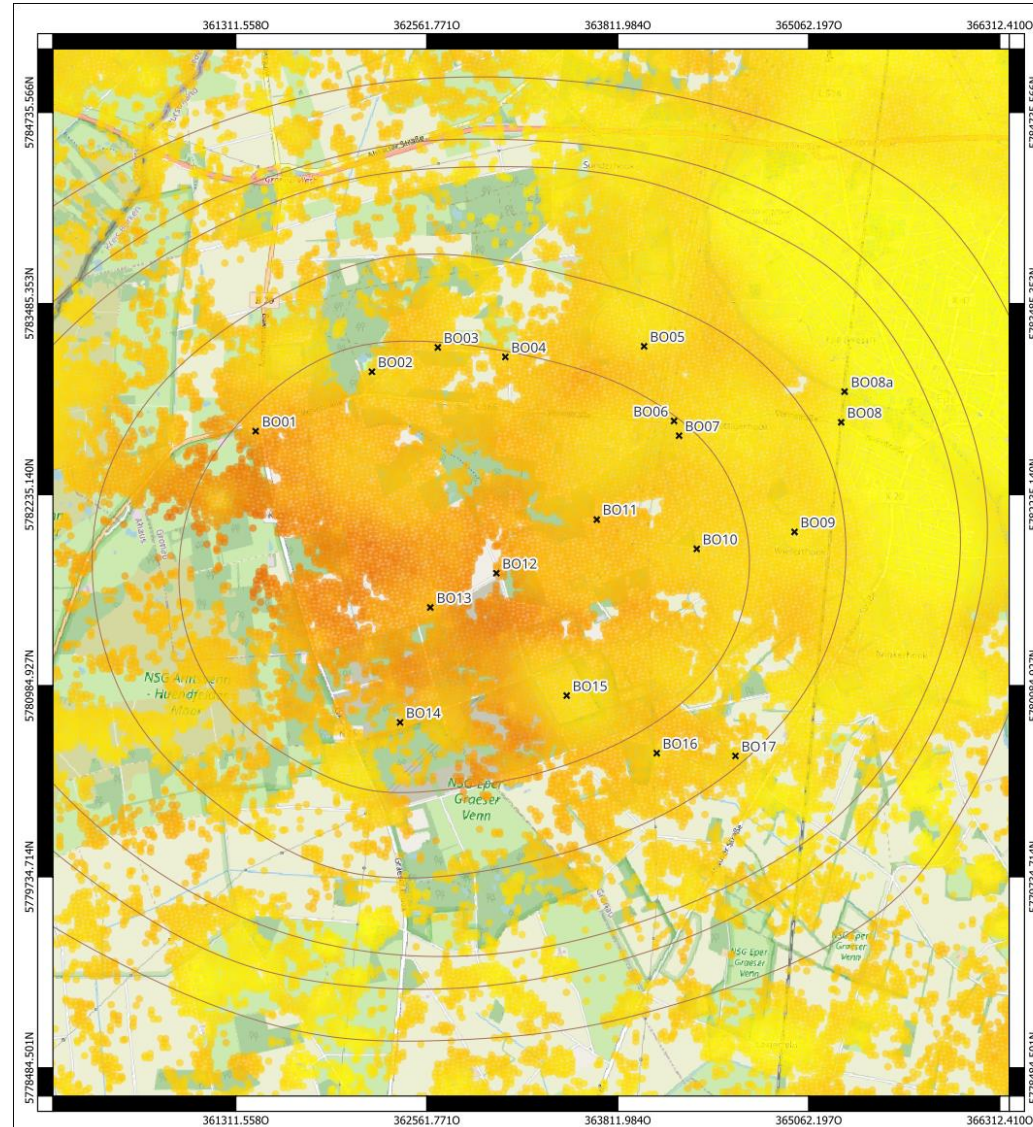
Ergebnisse der Überwachung – Bodenbewegung im Kavernenfeld

Darstellung der Daten
vom 12/2015 bis 12/2021

Bezugszeitraum
Anfang 12/2015

Flächige Auswertung
mittels der SBAS
Methode

Darstellung der
kumulierten
(aufsummierten)
Bodenbewegung



Übersicht Punktwolke



Legende

Vertikale Durchschnittsgeschwindigkeit



Darstellung

Zur Darstellung wurde eine kontinuierliche Farbskala von rot (negativ) nach blau (positiv) verwendet. Es werden die einzelnen Datenpunkte dargestellt.

Dargestellt werden die SBAS Daten zwischen 2015 und 2021. Außerdem sind die ausgewählten Messpunkte mit einem x dargestellt und nummeriert. Isokatabasen aus SGW Risswerk von 2017

Kartenprojektion

ETRS89 / UTM zone 32N
Ellipsoid: GRS 1980

Gesamtes Untersuchungsgebiet

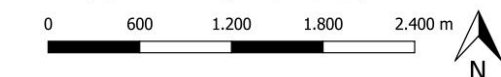


Credits & Copyright

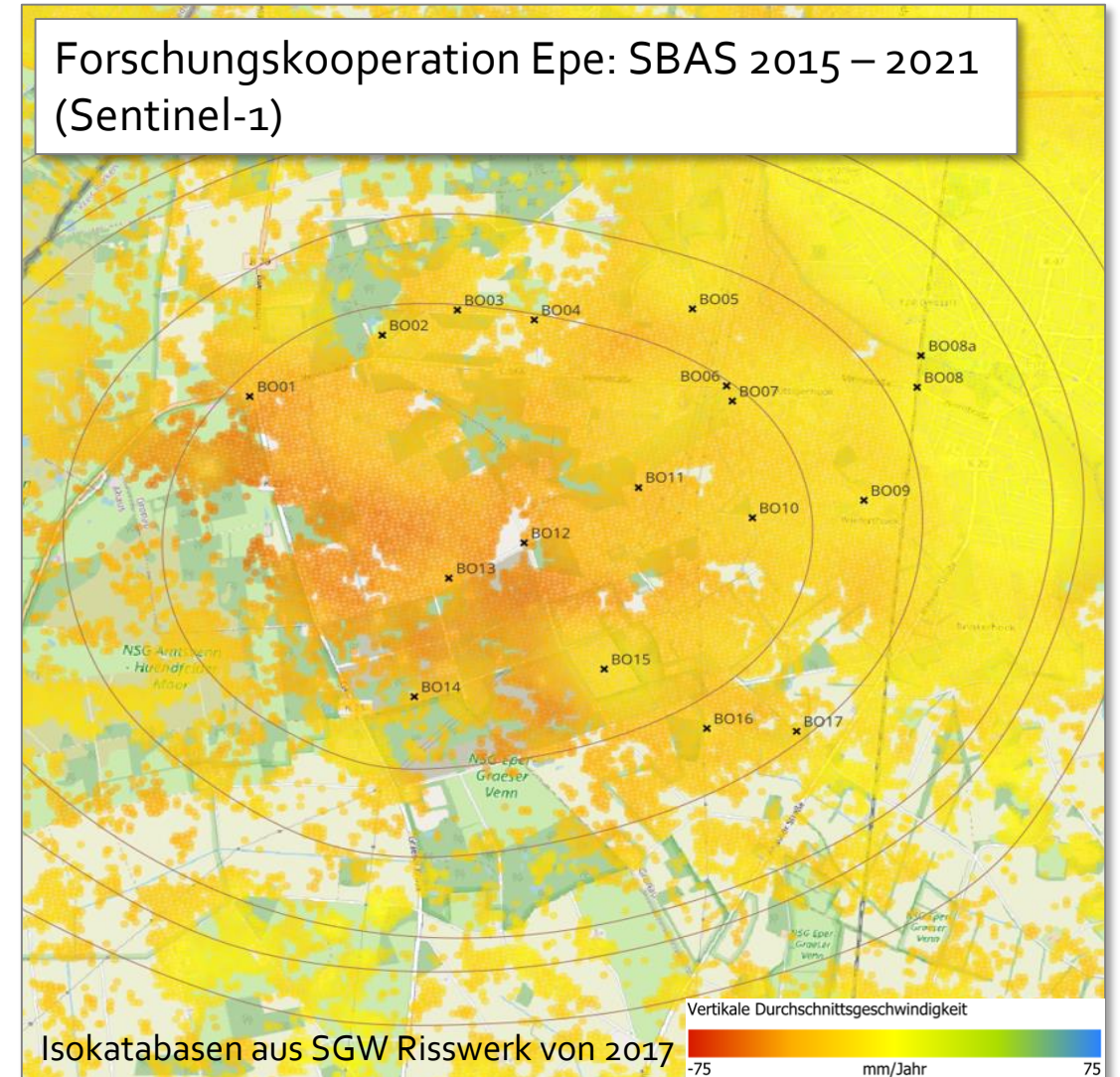
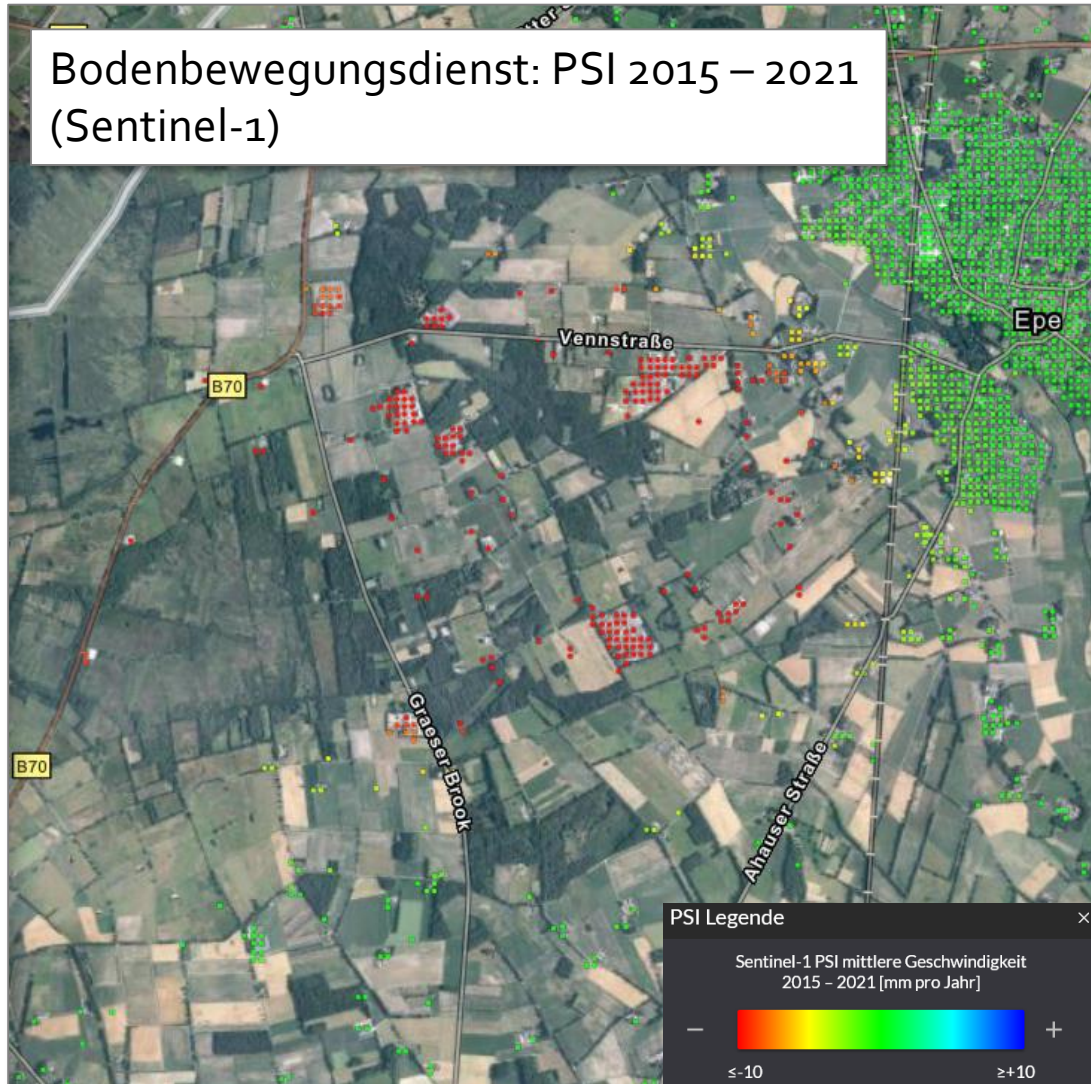
Kartenerstellung durch EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH

OSM-Karte: © OSM Standard © OpenStreetMap contributors.
URL: <https://www.opendatacommons.org/licenses/odbl>

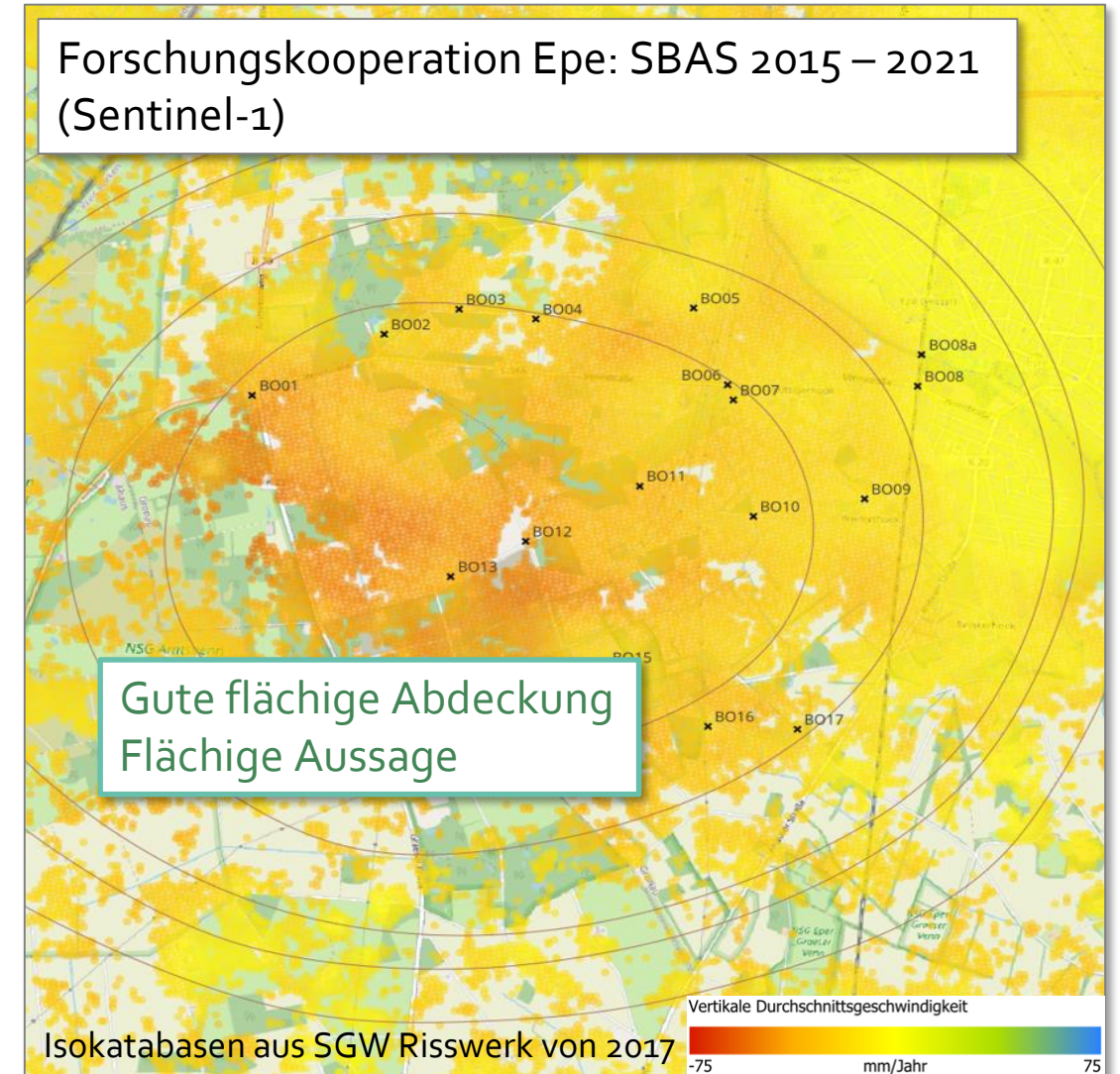
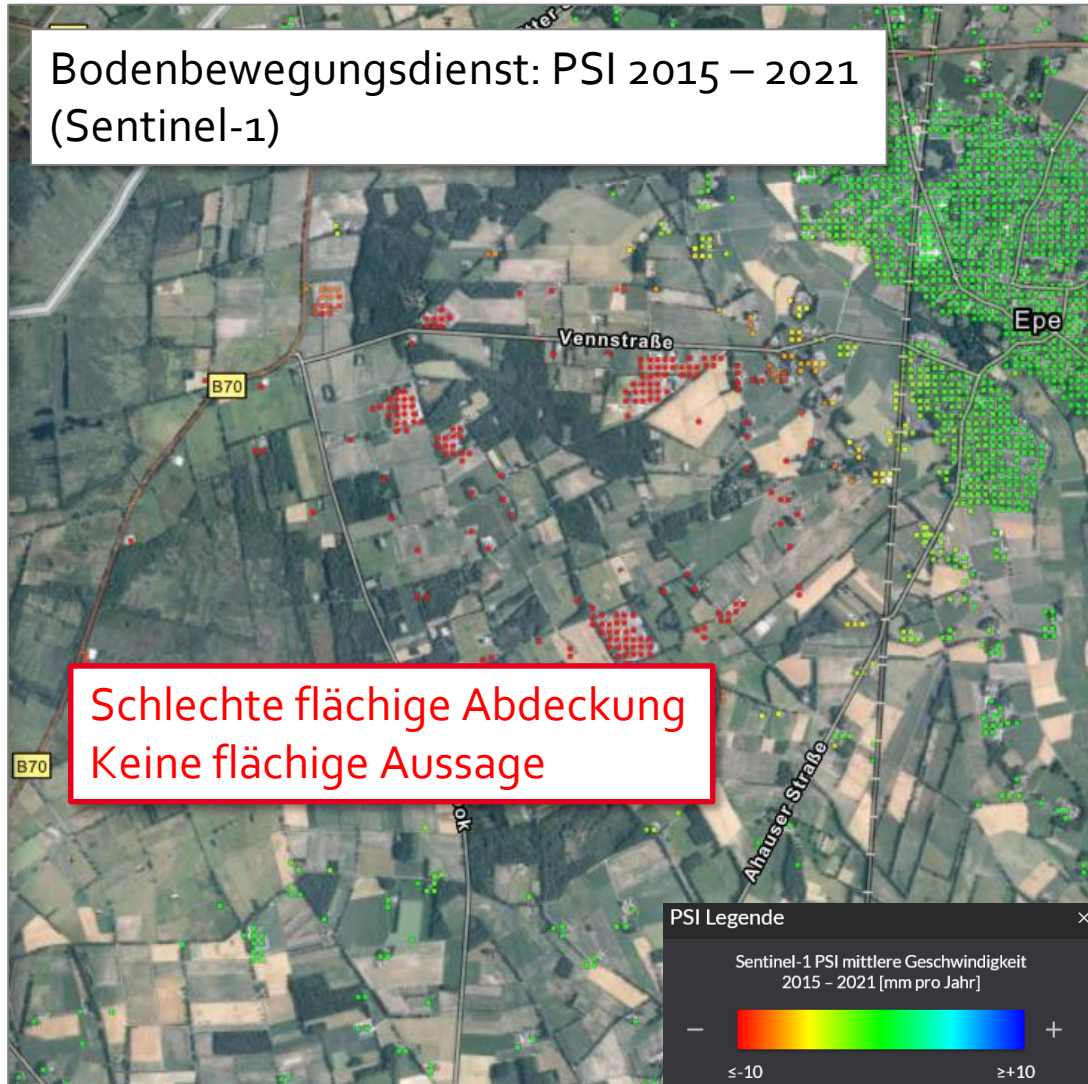
DOP: Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland – Zero
(<https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>)
URL: https://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_dop



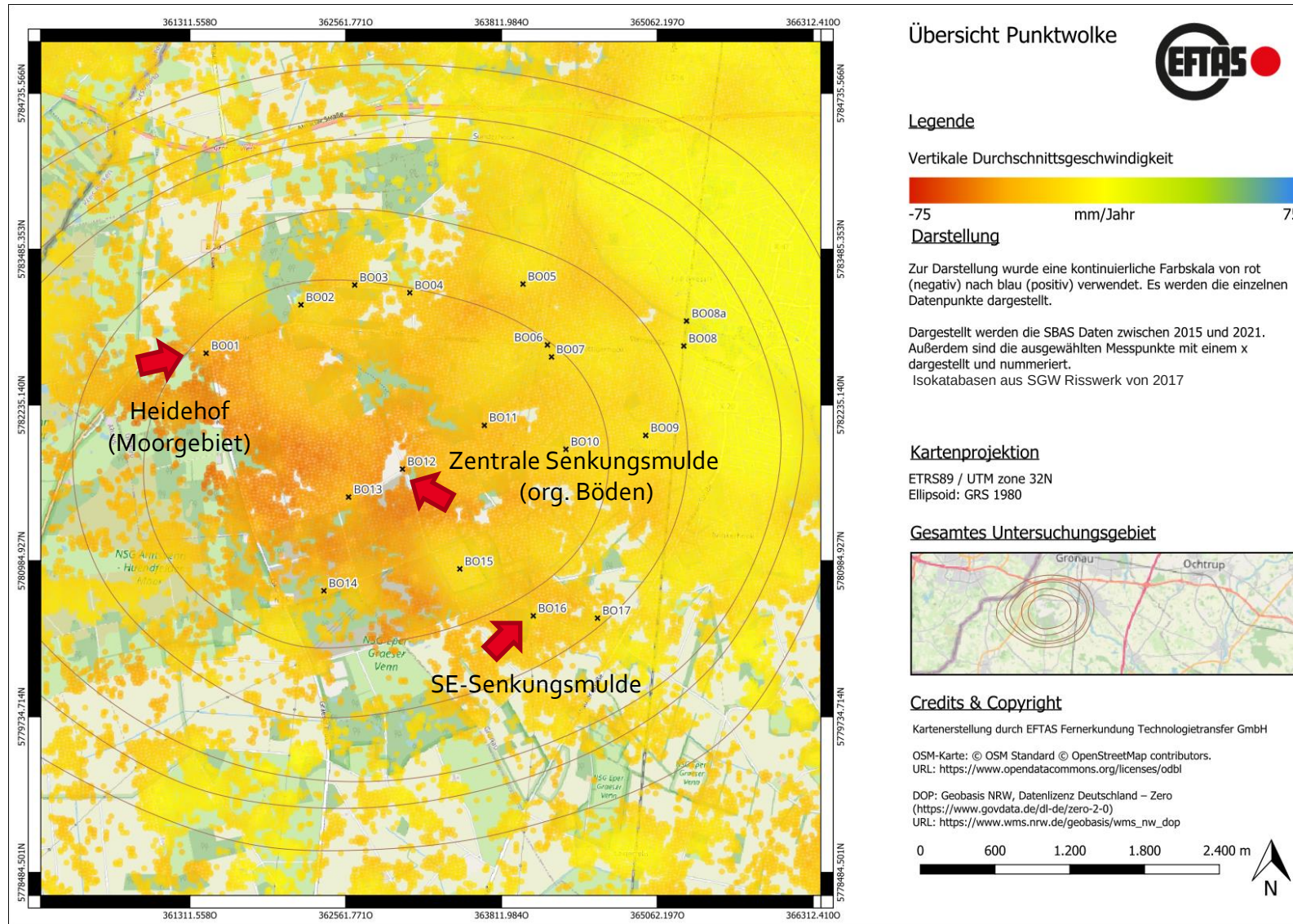
Vergleich der Methoden der Radar-Fernerkundung



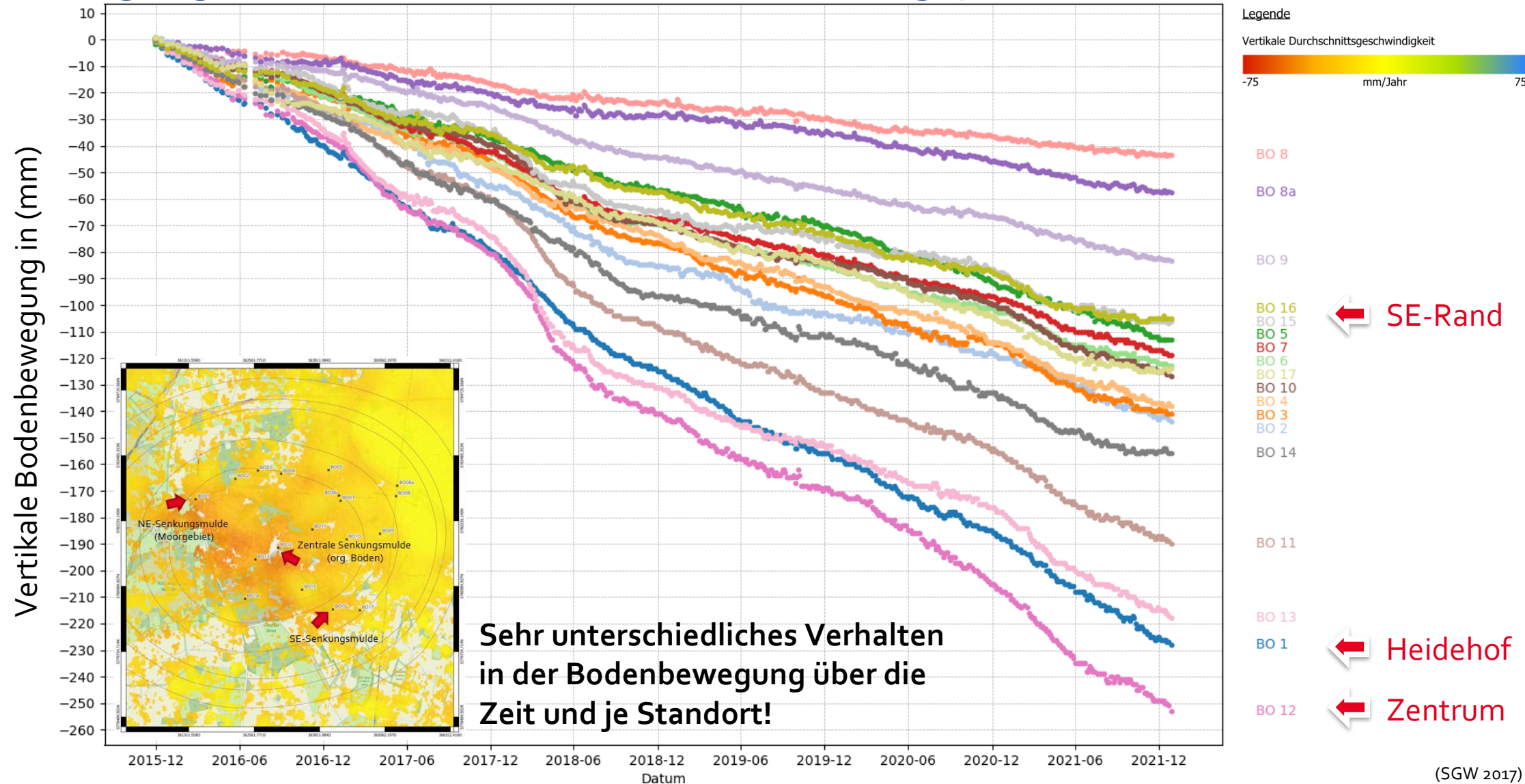
Vergleich der Methoden der Radar-Fernerkundung



Bodenbewegung im Kavernenfeld – BI-K Beobachtungspunkte (SBAS-Methode)

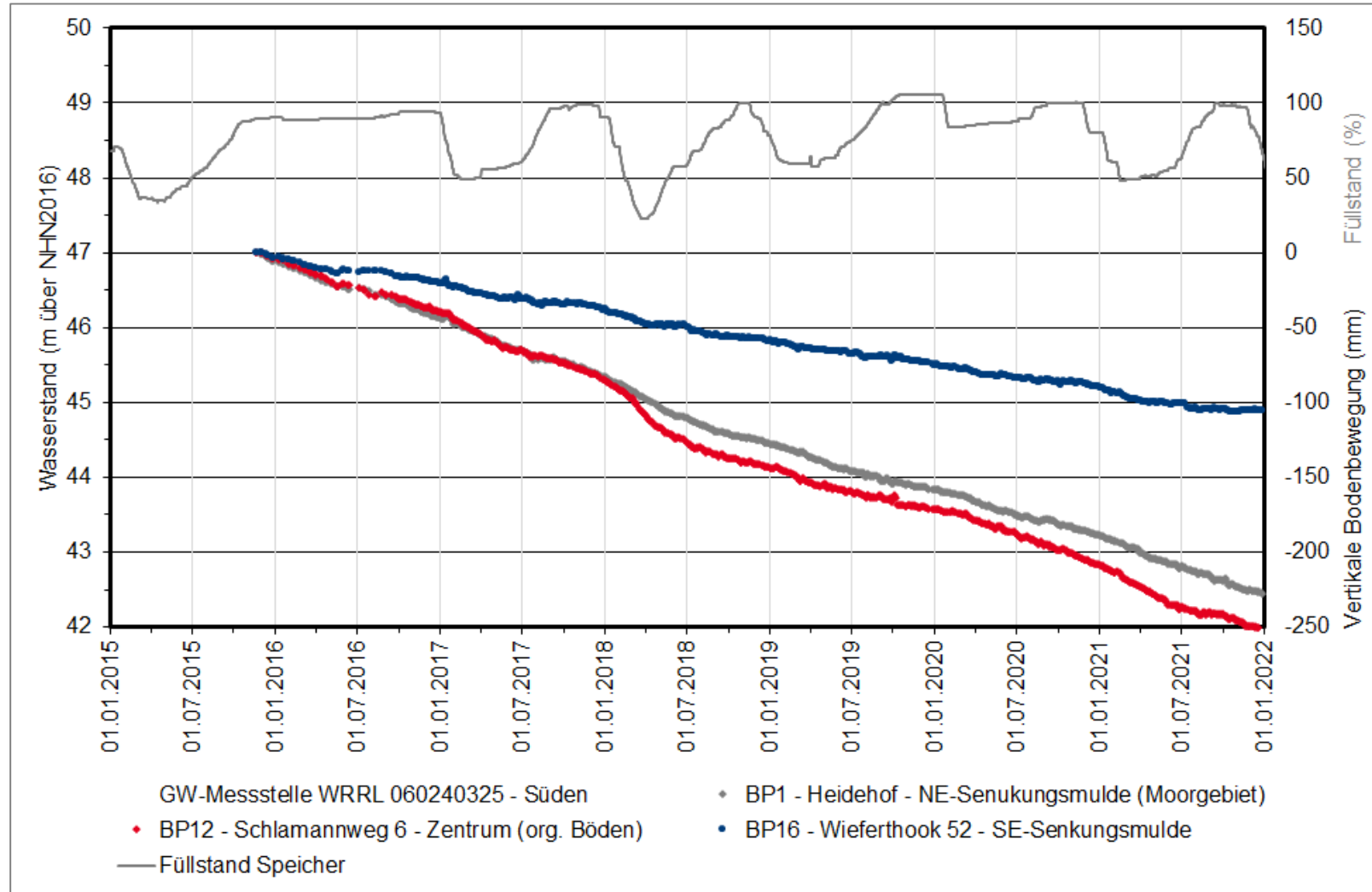


Bodenbewegung im Kavernenfeld – BI-K Beobachtungspunkte (SBAS-Methode)



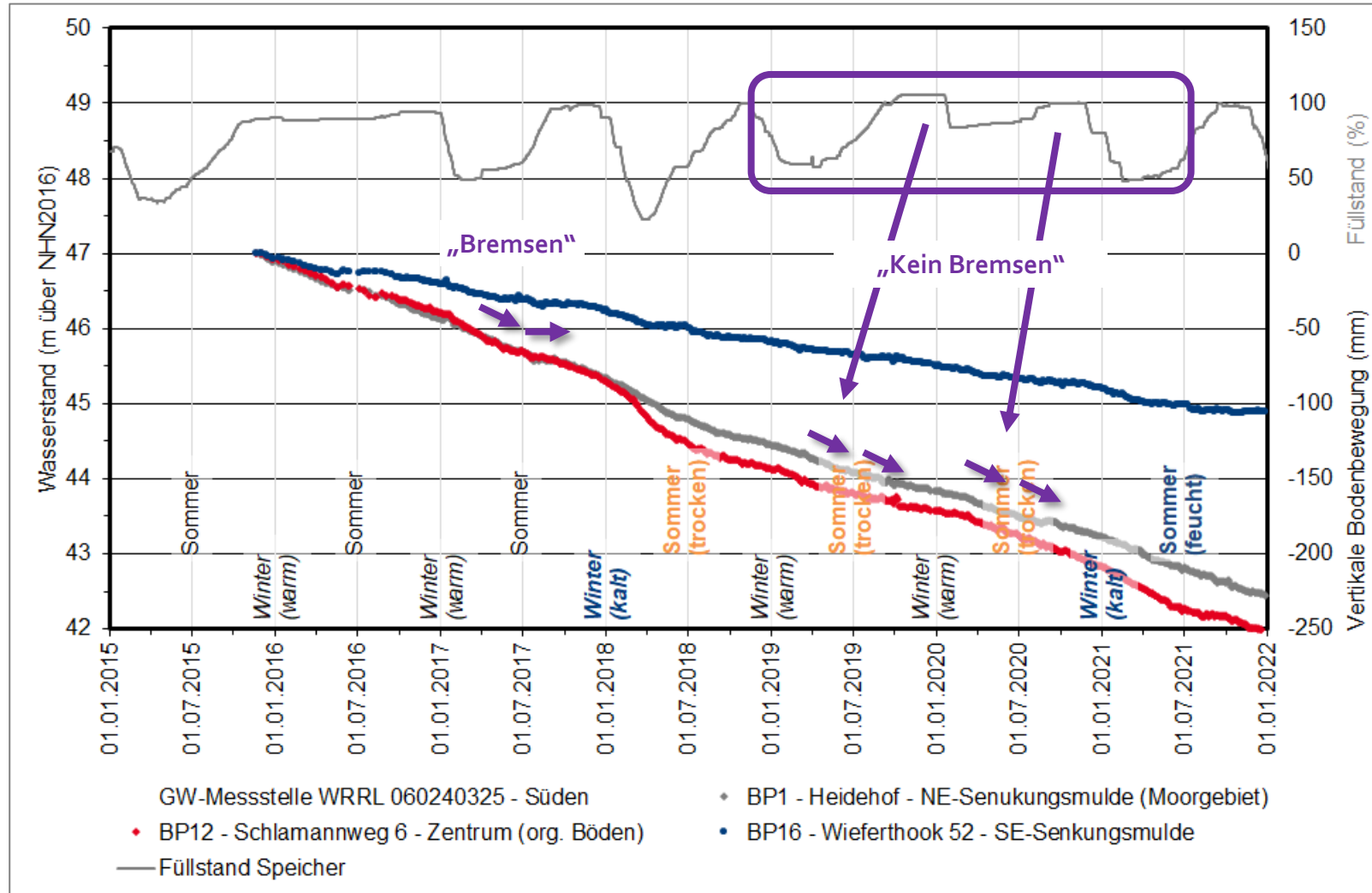
Bodenbewegung – Eine Interaktion zwischen einer Vielzahl von Faktoren

Darstellung von Bodenbewegung und Speicherfüllstand



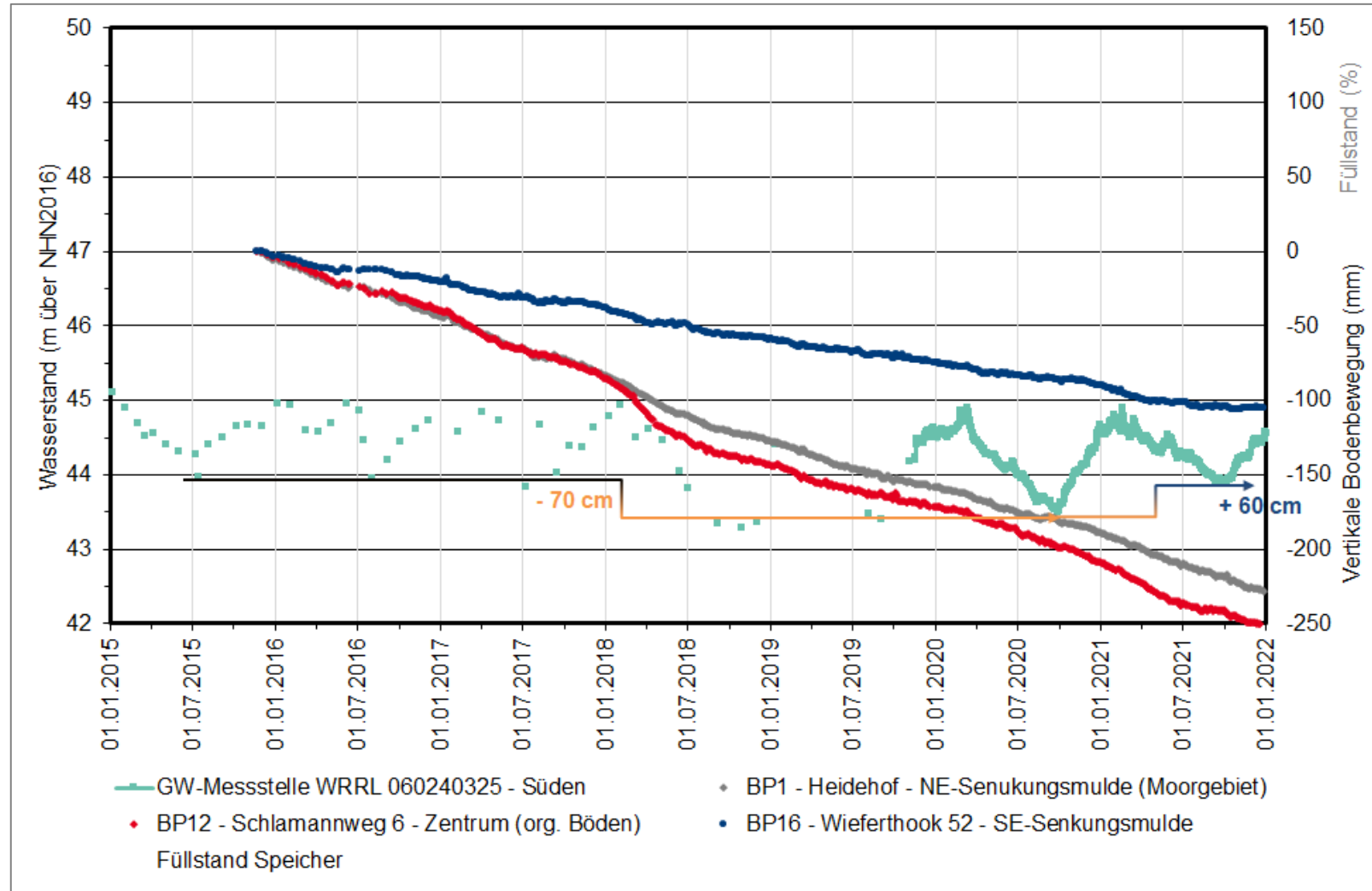
Bodenbewegung – Eine Interaktion zwischen einer Vielzahl von Faktoren

Darstellung von Bodenbewegung und Speicherfüllstand



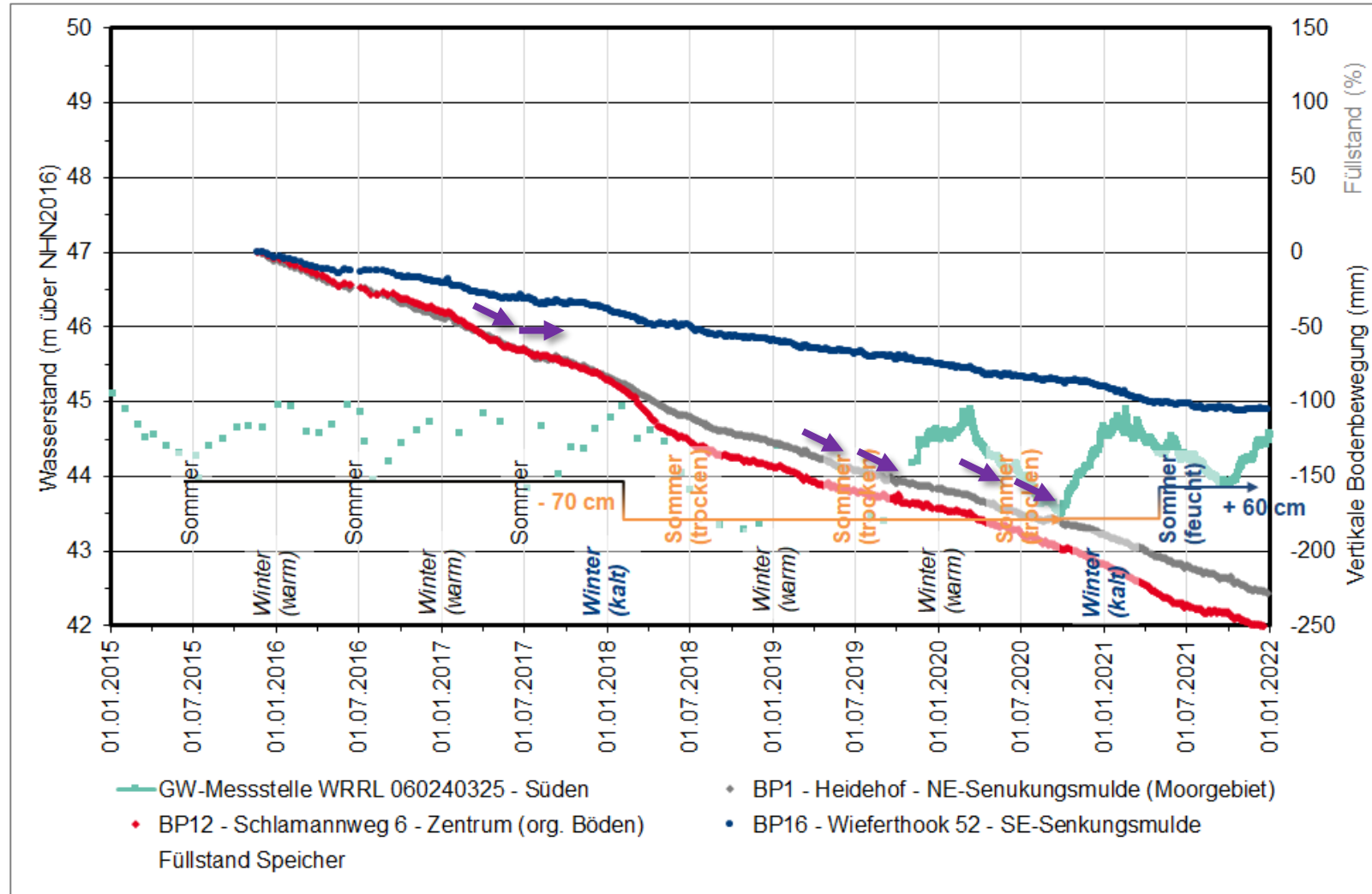
Bodenbewegung – Eine Interaktion zwischen einer Vielzahl von Faktoren

Darstellung von Bodenbewegung und Grundwasserstand



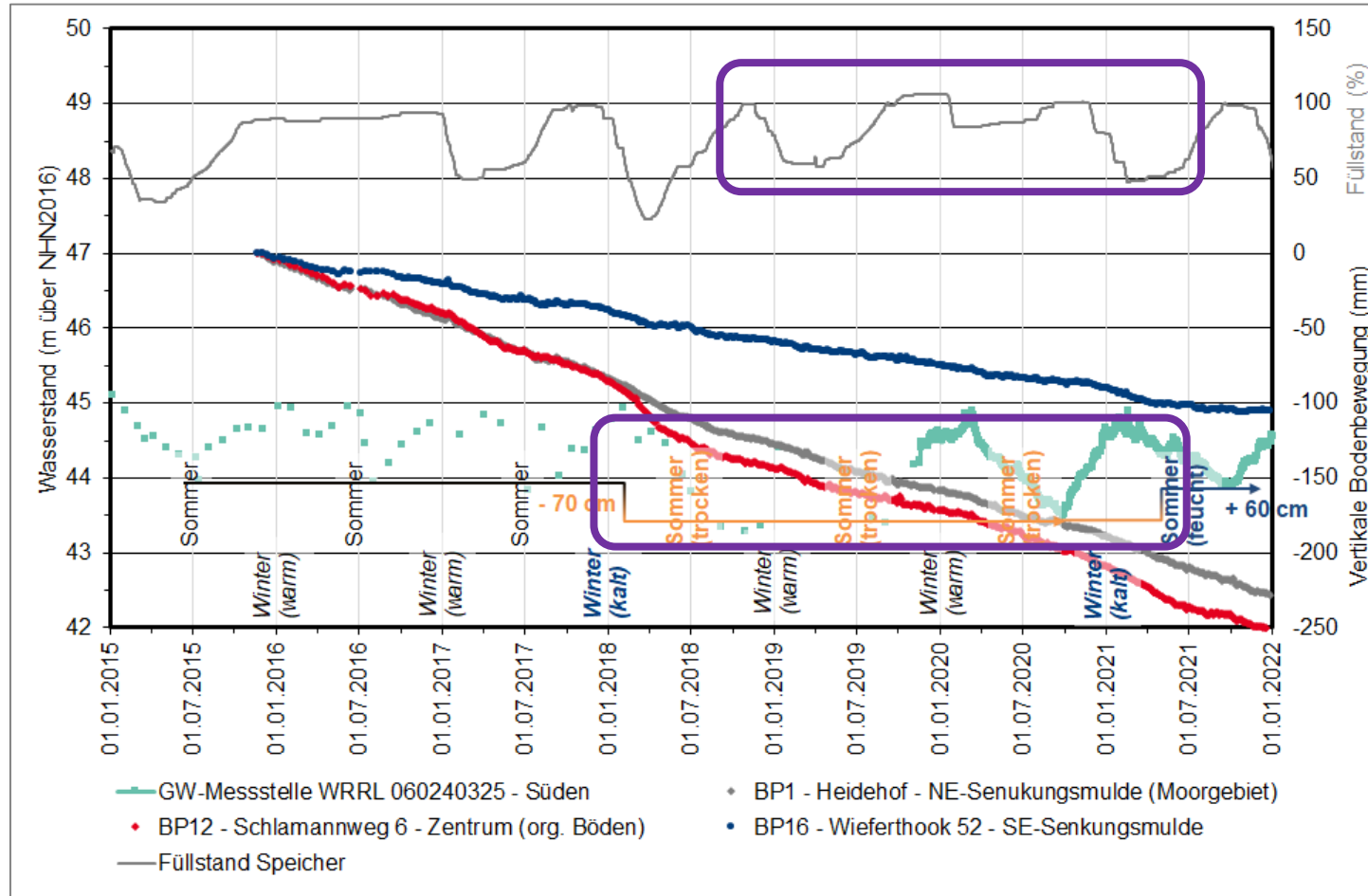
Bodenbewegung – Eine Interaktion zwischen einer Vielzahl von Faktoren

Darstellung von Bodenbewegung und Grundwasserstand



Bodenbewegung – Eine Interaktion zwischen einer Vielzahl von Faktoren

Darstellung von Bodenbewegung, Speicherfüllstand und Grundwasserstand



- ➔ SBAS Methode zeigt die gesamte Bodenbewegung
- ➔ Untergrundgasspeicherung führt zur Bodenbewegung (Einfluss Bergbau)
- ➔ Bodenbewegung abhängig vom Füllstand
- ➔ Bodenbewegung in Abhängigkeit des Grundwasserflurabstandes (Einfluss von vermindertem Niederschlag)
- ➔ **Hoher Füllstand bei gleichzeitigen heißen Sommern (verminderter Niederschlag) führen nicht zur reduzierten Bodenbewegung („Bremsen der Bodenbewegung“)**

Zusammenfassung

- Die **Forschungskooperation** kombiniert **erstmalig** Bergbau-Daten, lokale (Geo-)Daten, lokales Wissen mit modernen Ergebnisse der Radar-Satellitenfernerkundung **zu den Bodenbewegungen im Kommunalgebiet Gronau**
- **Radar-Satellitenfernerkundung** ermöglicht eine **flächige und zeitlich hochauflösenden Überwachung**
- **Nutzung von lokalen Datensätzen** zur Überprüfung der Bodenbewegung ist **zwingend notwendig!**
- Die Forschungskooperation liefert:
 - Ein **hochauflösendes, kontinuierliches Überwachungswerkzeug** für die zukünftige Überwachung des Untergrundes (u.a. Analysen zu Hochwasserrisiken, Grundwassergewinnung, Baugrunduntersuchung)
 - Die **Beteiligung durch Kommunikation und Transparenz (Vertrauensbildung)** 😊





Technische
Hochschule
Georg Agricola



Nächste Veranstaltung

Abschlusspräsentation

20. Januar 2023 um 18.00h

Ratssaal im Gebäude der Wirtschaftsförderung Gronau

