



Technische
Hochschule
Georg Agricola

T

Herzlich Willkommen!



Tagesordnung

1. **Begrüßung** – *Herr Ralf Groß-Holtick, Stadtbaurat der Stadt Gronau*
2. **Rückblick auf die Phase I und Entwicklungen aus 2024** – *Herr Prof. Dr. Tobias Rudolph*
3. **„Aktuelle Ergebnisse der Überwachung der Bodenbewegungen“**
– *Herr Prof. Dr. Peter Goerke-Mallet, Herr Dr. Andreas Müterthies, Herr Prof. Dr. Tobias Rudolph,*
4. **Aktuelle Ergebnisse aus der Hochwasserüberwachung**
– *Herr Benjamin Haske – THGA, Prof. Dr. Tobias Rudolph*
5. Thementische zum **Austausch und Diskussion**
Weitere Ansprechpartner:innen: *Frau Lisette van der Giessen – Waterschap Vechtstromen, Herr Klaus Brockmeier, Herr Daniel Berger – Bezirksregierung Münster, Herr Gregor Mergen – Bezirksregierung Arnsberg*





Forschungskooperation Epe (Vorgang 406/2021)

Für die Forschungskooperation Epe:

Peter Goerke-Mallet¹, Andre Homölle⁴, Andreas Mütterthies², Holger Perrevort³,
Sebastian Teuwsen², 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.)

6. Februar 2025

tobias.rudolph@thga.de

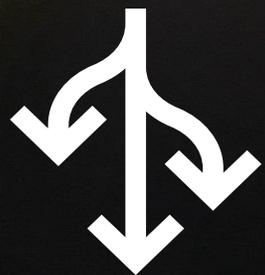
www.thga.de

www.nachbergbau.org

www.eftas.de

www.monitoring-epe.de





Eine Forschungs 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

A misty landscape at sunrise or sunset. The sun is low on the horizon, creating a warm, golden glow. The sky is filled with wispy clouds and streaks of light. In the foreground, there is a dark, grassy field. On the left side, a large, leafy tree is silhouetted against the light. In the distance, there are more trees and hills, all shrouded in a light mist.

Lösung – Beteiligung – Kommunikation



Wir sind für Sie da!

A-MUK
16. Juni 2021

Umfrage über die
Webseite

Einführung
8. April 2022

Bergschadenkunde
10. Juni 2022

Fahrradtour
13. August 2022

Zukunft
9. September 2022

GNSS Messung
18. November 2022

A-MUK
8. Dezember 2022

Dialog



www.monitoring-epe.de

Überwachung
20. Januar 2023

Treffen Hochwasser
6. Februar 2024

3 Sitzungen des
Lenkungskreises

Vier Befahrungen
mit der BI-K

Teilnahme an der
Betreiberrunde

Mehrere Arbeits-
termine mit SGW

Befahrung der 3D-
Seismik

Schulkurs Euregio
Gesamtschule Epe



20. November 2024



7. März 2024



8. März 2024



9. Oktober 2024



7. März 2024



31. Januar 2024



31. Januar 2024



11. Dezember 2024



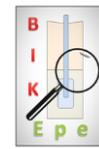
21. November 2024



11. September 2024



7. März 2024



Aktuelle Veröffentlichungen

Rudolph, T.; Goerke-Mallet, P.; Homölle, A.; Mütterthies, A.; Perrevort, H.; Teuwsen, S.; Yang, C.-H. (2024): Participatory Geomonitoring for Future Mining—Resilience Management in the Cavern Storage Epe (Germany). – Mining, 4; 230–247.

<https://doi.org/10.3390/mining4020014> (open-access)

Rudolph, Tobias; Goerke-Mallet, Peter, 2024: **Das Fahrrad – Ein partizipatives Werkzeug im bergbaulichen Lebenszyklus!**

In: Markscheidewesen, 131, 2, 31-41, <https://doi.org/10.23689/fidgeo-6558> (open -access)

mining **MDPI**

Article
Participatory Geomonitoring for Future Mining—Resilience Management in the Cavern Storage Epe (Germany)

Tobias Rudolph ^{1,*}, Peter Goerke-Mallet ¹, Andre Homölle ², Andreas Mütterthies ³, Holger Perrevort ⁴, Sebastian Teuwsen ⁵ and Chia-Hsiang Yang ⁶

¹ Research Center of Post-Mining, Technische Hochschule Georg Agricola (THGA), Hermer Str. 45, 44207 Bochum, Germany; peter.goerke-mallet@thga.de
² Civil Engineering, Traffic and Urban Geology Department, City of Geosau (Stadt Geosau, Westf.), Geosauweg 44, 48099 Geosau, Germany; andre.homoe@thga.de
³ EFAS Remote Sensing and Technology Transfer (Forschungslab Technikoptiktransfer GmbH, EFAS), Chaussee 2, 48149 Münster, Germany; andreas.muertthies@thga.com (A.M.); sebastian.teuwsen@thga.com (S.T.)
⁴ Climate Initiative Cavern Field Epe (Bergbauminerale Kavernenfeld Epe e.V., BK K), Simonstr. 2, 48099 Geosau, Germany; holo@perrevort.de
⁵ Correspondence: tobias.rudolph@thga.de; Tel.: +49-17280482

Abstract: Integrated geo- and environmental monitoring in mining represents a high-dimensional challenge (location, altitude/depth, time and sensors). This is challenging for experts but poses great problems for a multitude of participants and stakeholders in building up a complete process understanding. The Epe research cooperation aims to elucidate the ground movement of the Epe cavern storage facility with a public participation process. The research cooperation was founded by the city of Geosau, the citizens' initiative cavern field Epe, the company EFAS, Münster, and the Research Center of Post-Mining of the Technische Hochschule Georg Agricola, Bochum. This research cooperation is the first in Germany to involve direct collaboration between science and the public. In the cavern field, which has been in operation since the 1970s, brine is extracted, and at the same time natural gas, crude oil and helium, as well as hydrogen in the future, are stored in the subsurface. The technical focus of this work was the development of a high-resolution spatiotemporal analysis of ground movements. The area is monitored annually by the mining company's mine surveyor. The focus of the monitoring team lies in the fact that the western part is a bog area and a former bog area. Furthermore, the soils in the eastern part are very humus-rich and show strong fluctuations in the groundwater and therefore complex hydraulic conditions. At the same time, there are few fixed markers or prominent points in the area that allow high-resolution spatiotemporal monitoring using simple radar interferometry methods. Therefore, the SBAS method (Small Baseline Subset), which is based on an aerial method, was used to analyze the radar interferometric datasets. Using an SBAS analysis, it was possible to evaluate a time series of 260 scenes over the period from 2015 to 2023. The results were integrated with the mine survey maps on the ground movement and other open geodata on the surface, the soil layers and the overburden. The results show complex forms of ground movement. The main influence is that of mining. Nevertheless, the influence of organic soils with drying out due to drought years and uplift in wet years is great. Thus, in dry years, ground subsidence accelerates, and in wet years, ground subsidence not only slows down but in some cases also causes uplift. This complexity of ground movements and the necessary understanding of the processes involved has been communicated to the interested public, and several public information events as part of the research cooperation. In this way, an understanding of the mining process was built up, and transparency was created in the subsurface use, also as a part of the energy transition. In technical terms, the research cooperation also provides a workflow for developing the annual mine survey maps into an integrated geo- and environmental monitoring system with the development of a transparent participatory geomonitoring process to provide resilience management in a mining location.

Copyright: © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Mining 2024, 4, 230–247; <https://doi.org/10.3390/mining4020014> <https://www.mdpi.com/journal/mining>

Rudolph, Tobias; Goerke-Mallet, Peter, 2024: **Das Fahrrad – Ein partizipatives Werkzeug im bergbaulichen Lebenszyklus!**

Das Fahrrad – Ein partizipatives Werkzeug im bergbaulichen Lebenszyklus!

Tobias Rudolph, Peter Goerke-Mallet

Forschungszentrum Nachbergbau (FZNB), Technische Hochschule Georg Agricola (THGA), Hermer Str. 45, 44287 Bochum, www.nachbergbau.org, tobias.rudolph@thga.de, peter.goerke-mallet@thga.de

Einleitung

Die Bereitstellung von Georesourcen unterliegt im bergbaulichen Lebenszyklus ständigen Veränderungen [1]. Das Veränderungsmanagement umfasst beispielsweise in der aktiven operativen Phase den Aufbau von neuen Produktionsstandorten, aber auch deren Erweiterung. Hierbei kann es sich, wie am Kavernenspeicher Gosau-Epe, um einen Kavernenspeicher für Erdöl, Erdgas und Helium, nun auch um die untertägige Speicherung von Druckluft [2] sowie um die untertägige Speicherung von Wasserstoff handeln [3]. Daneben können diese Veränderungen auch die Schließung eines Produktionsbetriebes, verbunden mit dem unmittelbaren Übergang in die Schließungs- und Nachbergbauphase bedeuten. Dies ist aktuell im Mittelpunkt der nachbergbaulichen Phase des Gosauwasseranstiegs [4].

Das Veränderungsmanagement stellt insbesondere dann eine große Herausforderung dar, wenn hierbei Phasen des bergbaulichen Lebenszyklus betroffen sind, bei denen eine hohe Beteiligung notwendig ist. Die Beteiligten (Stakeholder) in einem bergbaulichen Lebenszyklus sind sehr divers und umfassen verschiedene Akteure:innen der Gesellschaft und der Politik, sowohl unmittelbar vor Ort als auch überregional. Darüber zählen beispielsweise Anwohner:innen, Verbände, Nichtregierungsorganisationen und politische Akteure:innen auf unterschiedlichen Ebenen (Kommune, Land, Bund).

Für ein nachhaltiges Veränderungsmanagement ist es elementar, das Akzeptanz und Vertrauen in die Wissenschaft bei den Beteiligten zu stärken. Hierzu ist ein umfassender Wissen-/Wissenscharakterisierung

Die öffentliche Wahrnehmung der Bereitstellung von Georesourcen verlagert, das im gesamten bergbaulichen Lebenszyklus die Partizipation als nachhaltiges Element zu Verankerungsbildung gebracht wird. Denn aufgrund der Umstellung auf eine zirkuläre Wertschöpfungskette, die Entwicklungsprozesse bei beteiligten Organisationen und Personen, der Wandel der betroffenen Gruppen sowie die technischen Herausforderungen im bergbaulichen Lebenszyklus müssen diese führen, dass ein vertrauensbildendes Veränderungsmanagement aufgebaut wird. Hierbei sind vor allem die individuellen und sozialen Faktoren, aber auch die strukturellen Bedingungen zu berücksichtigen. Dabei bietet es sich an mittels Fahrradtouren, die Interessierten und Betroffenen die (nach-)bergbaulichen Veränderungen zu „erfahren“ und so einen Einblick in assoziierten verlässlicheren und nicht-schablonenartige sowie das Geo- und Umweltmonitoring zu bekommen. Die hohe Akzeptanz der Volkshochschule (VHS) Nachbergbau-Fahrradtouren, aber auch die Fahrradtour am Kavernenspeicher Gosau-Epe bestätigen diesen Ansatz. Wenn die beiden Fahrradteams bieten die Möglichkeiten in die unterschiedlichen Aspekte des bergbaulichen Lebenszyklus Einblick zu bekommen und so ein erstes, laienhaftes Prozessverständnis zu entwickeln. Damit wird das Fahrrad zu einem Element im partizipativen Geo- und Umweltmonitoring.

The bicycle – a participatory tool in the mining life cycle!

The public perception of the provision of georesources demands that participation is used as a sustainable element for building trust throughout the entire mining lifecycle. This is because the transition to a circular value chain, the developmental processes within involved organizations and persons, the changes among affected groups, and the technical challenges within the mining lifecycle necessitate the establishment of trust-building change management. In this process, individual and social factors, as well as structural conditions, must be considered. Therefore, it is advisable to use bike tours to allow interested and affected individuals to experience the (post-)mining changes and gain insight into otherwise closed and invisible processes, as well as geo- and environmental monitoring. The high acceptance of the community college post-mining bike tour, as well as the bike tour at the cavern storage Gosau-Epe, confirms this approach. These two bike tours provide opportunities to gain insight into the different aspects of the mining lifecycle and develop an initial, process understanding of the process. Thus, the bicycle becomes an element in participatory geo- and environmental monitoring.

Schlüsselpunkte
 Bergbaurlicher Lebenszyklus
 Mining lifecycle
 Veränderungsmanagement
 trust-building change management

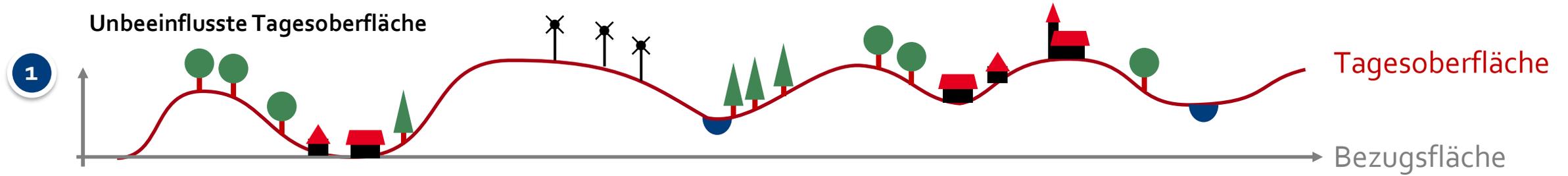
Markscheidewesen 131 (2024) Nr. 2 31



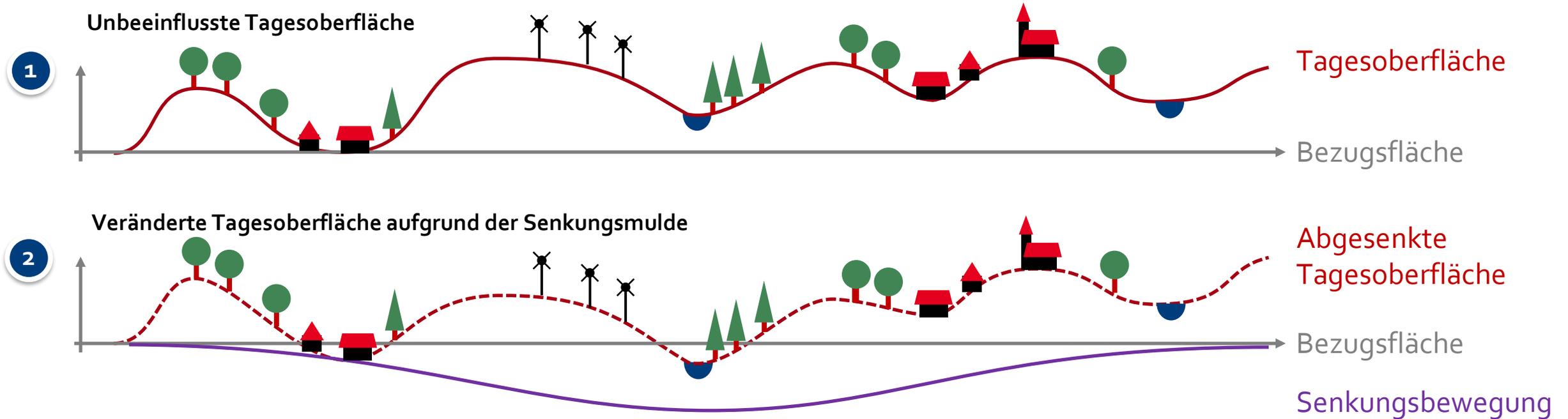
Wie entstehen Bodenbewegungen und wie werden Gewässer beeinflusst?

Peter Goerke-Mallet

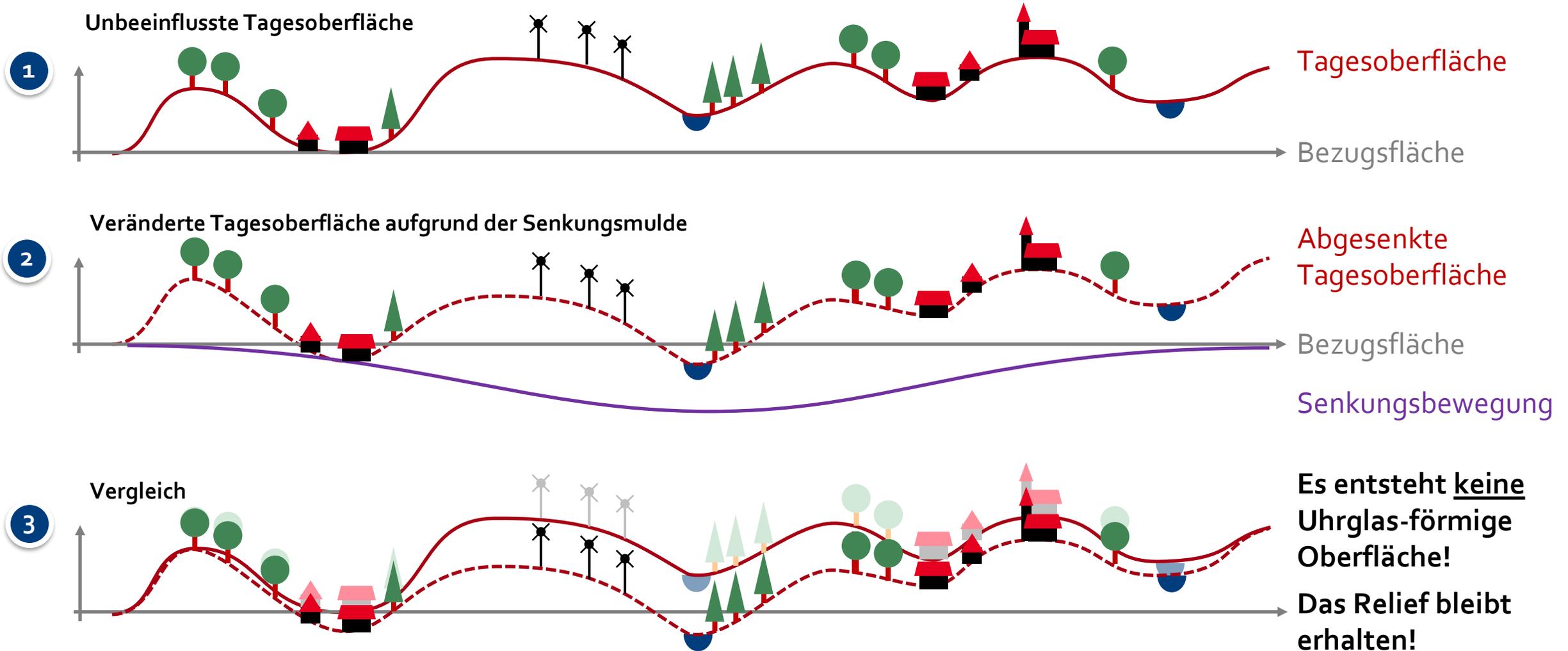
Die Ausbildung der Senkungsmulde an der Tagesoberfläche



Die Ausbildung der Senkungsmulde an der Tagesoberfläche



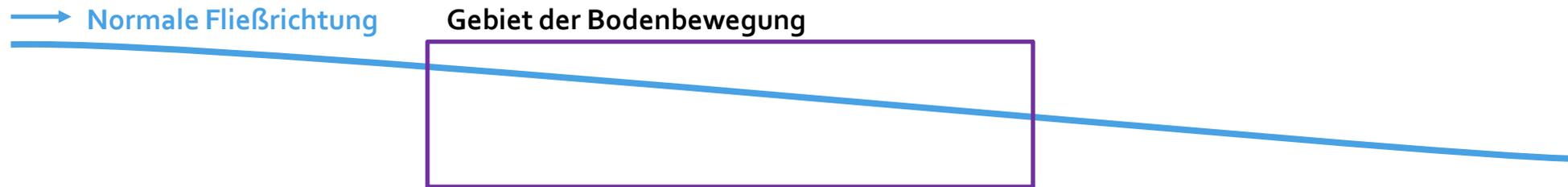
Die Ausbildung der Senkungsmulde an der Tagesoberfläche



Die Ausbildung der Senkungsmulde an der Tagesoberfläche – Gewässer

4

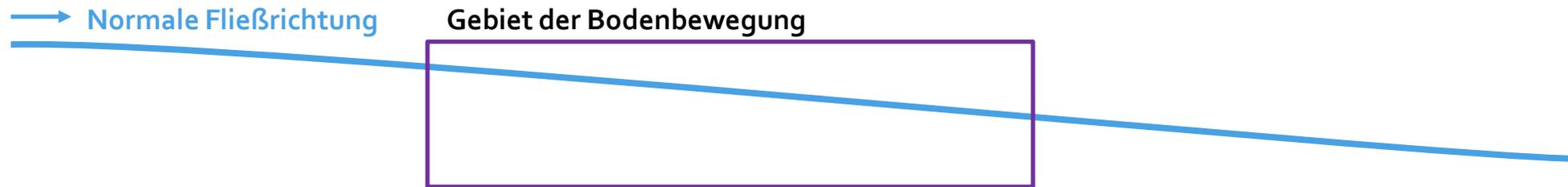
Profil entlang eines Gewässers – vor der Bodenbewegung



Die Ausbildung der Senkungsmulde an der Tagesoberfläche – Gewässer

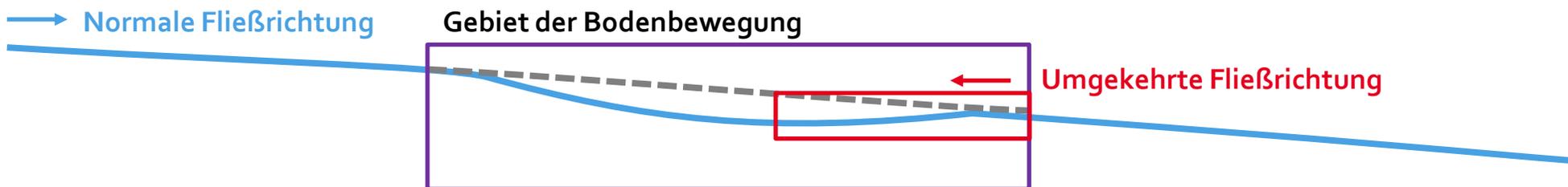
4

Profil entlang eines Gewässers – vor der Bodenbewegung



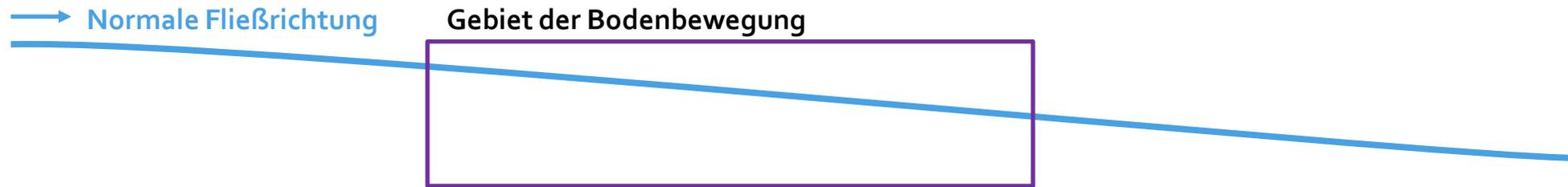
5

Profil entlang eines Gewässers – Entwicklung der Bodenbewegung

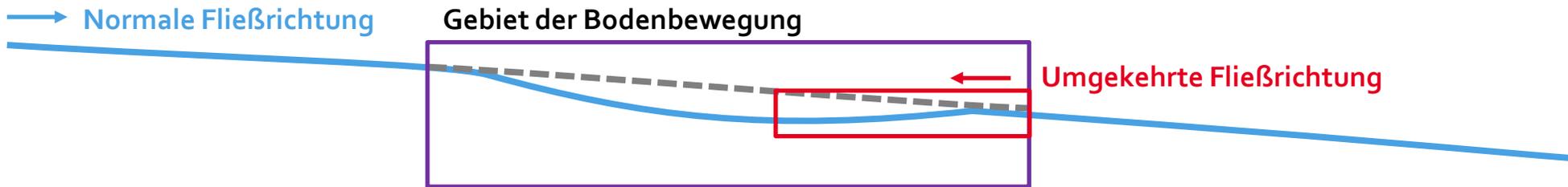


Die Ausbildung der Senkungsmulde an der Tagesoberfläche – Gewässer

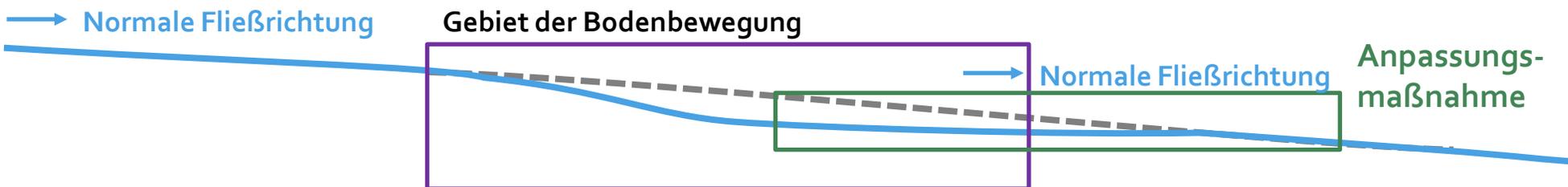
4 Profil entlang eines Gewässers – vor der Bodenbewegung



5 Profil entlang eines Gewässers – Entwicklung der Bodenbewegung



6 Profil entlang eines Gewässers – nach der Bodenbewegung mit einer Anpassungsmaßnahme





Monitoring Epe
Forschung und Transfer für Epe



Technische
Hochschule
Georg Agricola

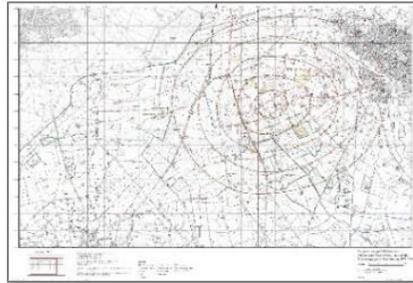
A

Aktueller Stand der Bodenbewegungen

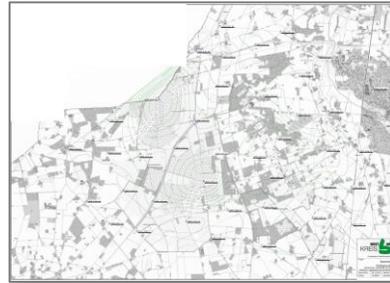
Andreas Mütterthies

Das A und O: Auswertung und Fusion öffentlicher Geoinformationen

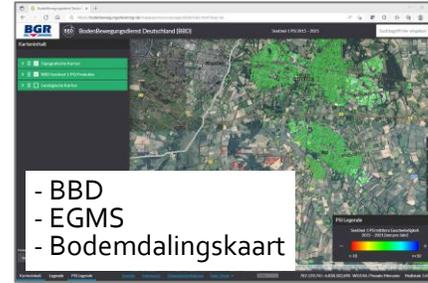
A: Höhenfestpunktriss



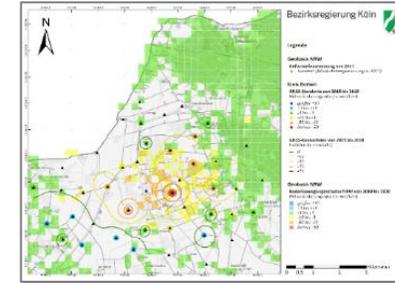
B: Nivellement



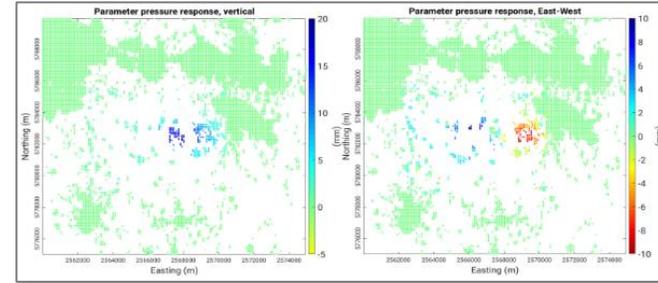
C: Bodenbewegungsdienste



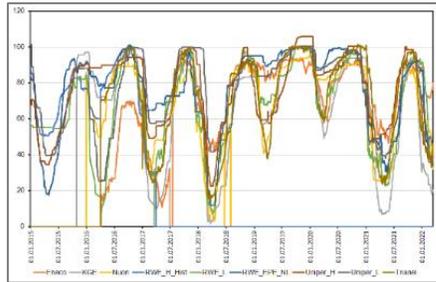
D: GNSS-Messung



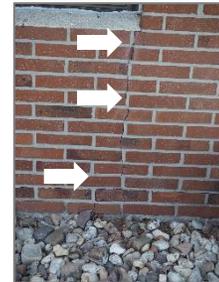
E: Bodenbewegungen (Forschung)



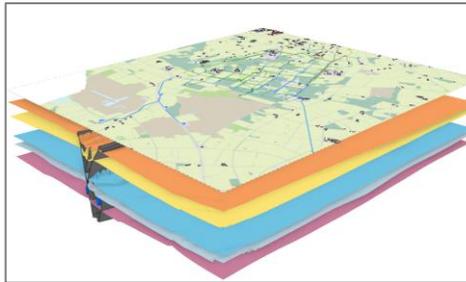
F: Füllstände von Speichern



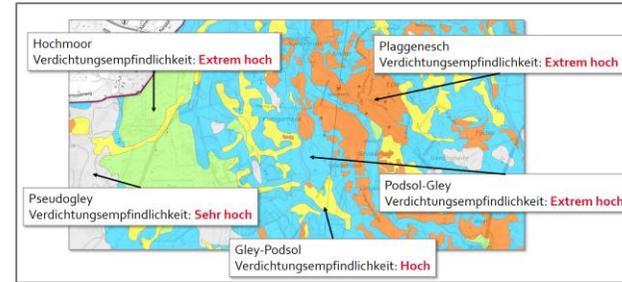
G: Gebäude



H: 3D-Untergrundanalyse



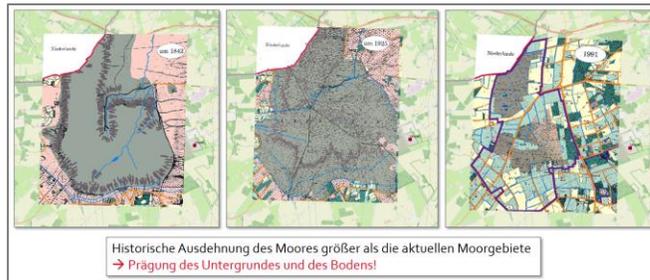
I: Bodentypen und Setzungen



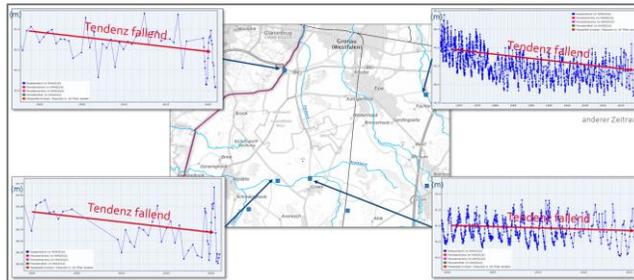
J: Setzungsempfindlichkeit



K: Ausbreitung des Mooregebietes



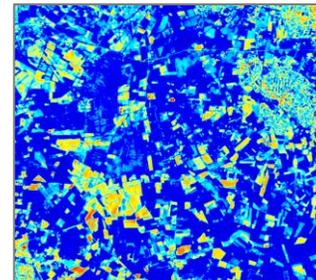
L: Schwankungen des Grundwassers



M: Hydrologie



N: Bodenfeuchte

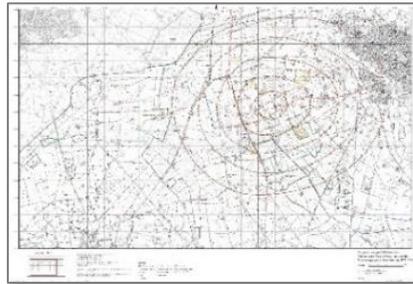


O: Hochwasseranalysen

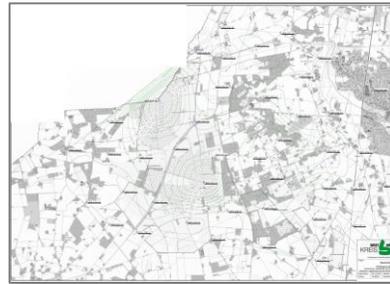


Das A und O: Auswertung und Fusion öffentlicher Geoinformationen

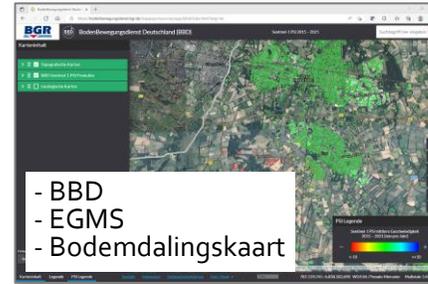
A: Höhenfestpunktriss



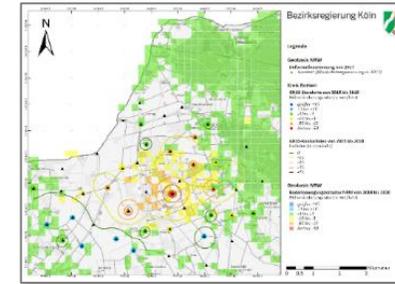
B: Nivellement



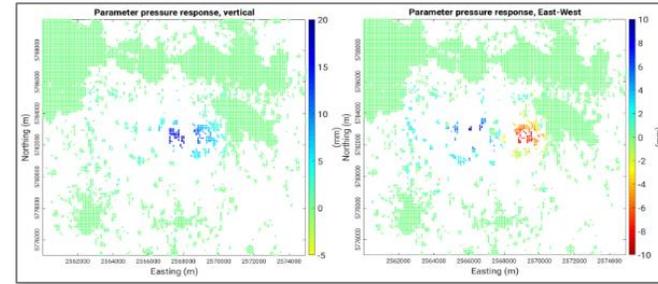
C: Bodenbewegungsdienste



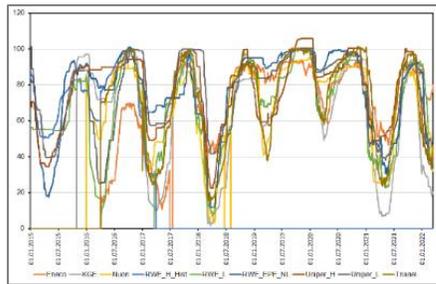
D: GNSS-Messung



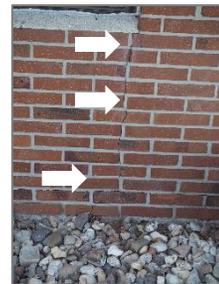
E: Bodenbewegungen (Forschung)



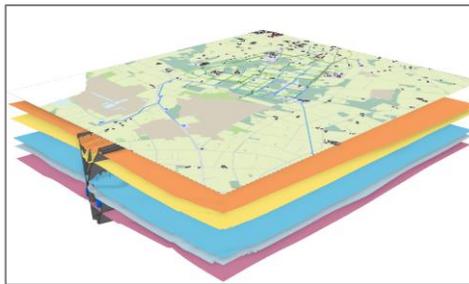
F: Füllstände von Speichern



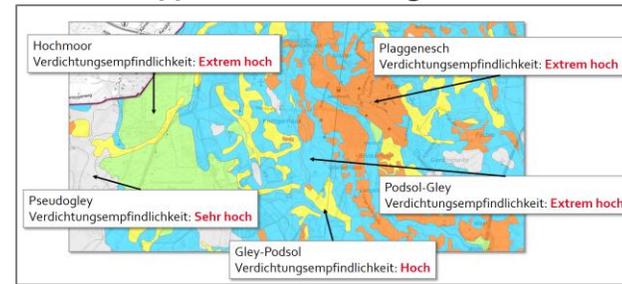
G: Gebäude



H: 3D-Untergrundanalyse



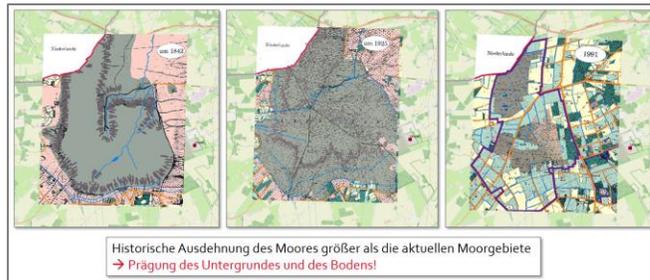
I: Bodentypen und Setzungen



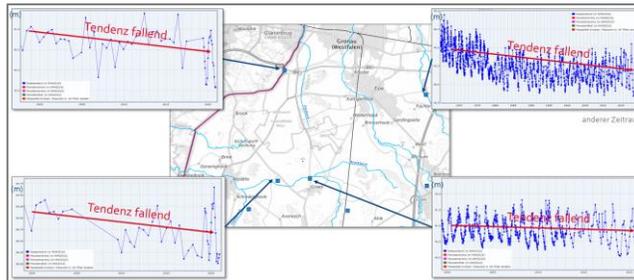
J: Setzungsempfindlichkeit



K: Ausbreitung des Mooregebietes



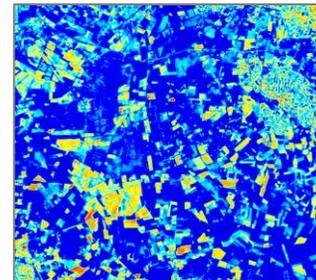
L: Schwankungen des Grundwassers



M: Hydrologie



N: Bodenfeuchte



O: Hochwasseranalysen

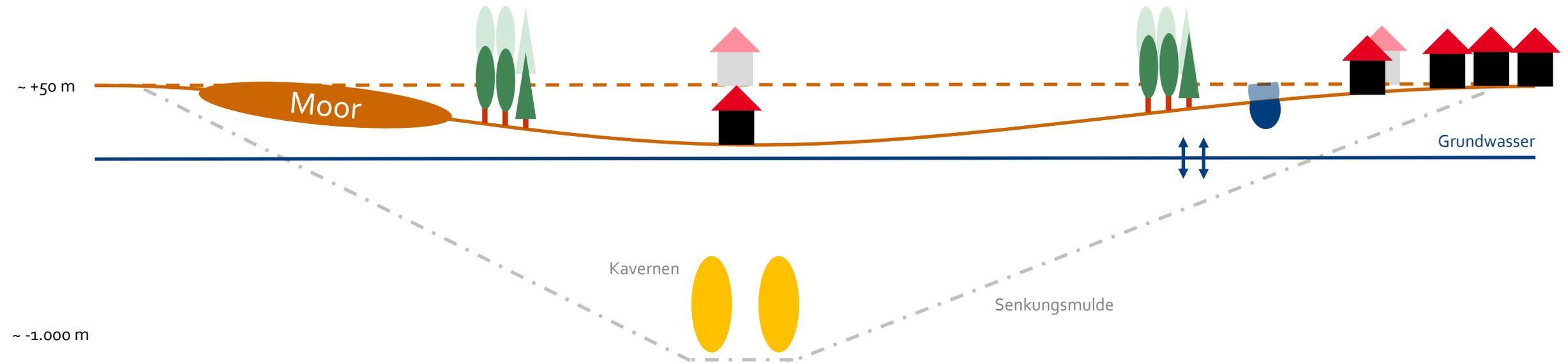


Vergleich der Methoden der Radar-Fernerkundung

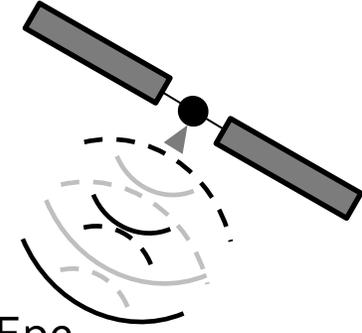
Amtsvenn

Kavernenfeld

Epe



Vergleich der Methoden der Radar-Fernerkundung



Amtsvenn

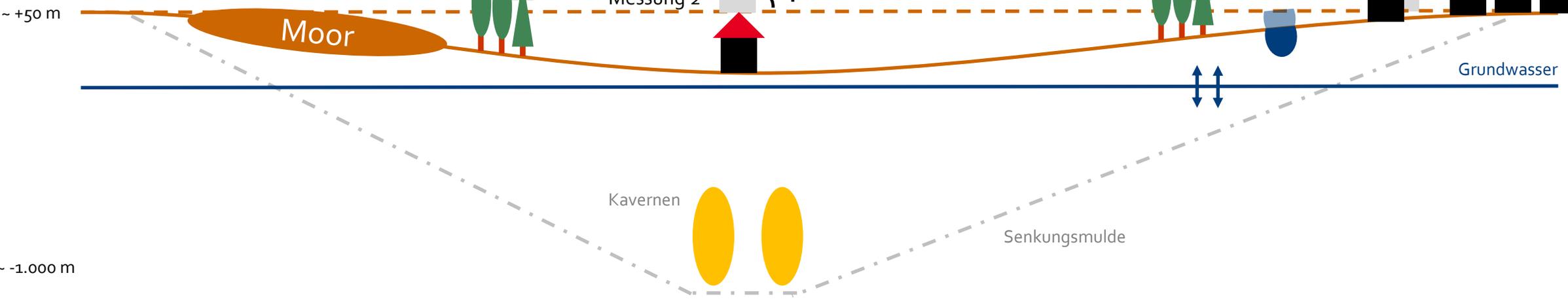
Keine festen Rückstreuer

Kavernenfeld

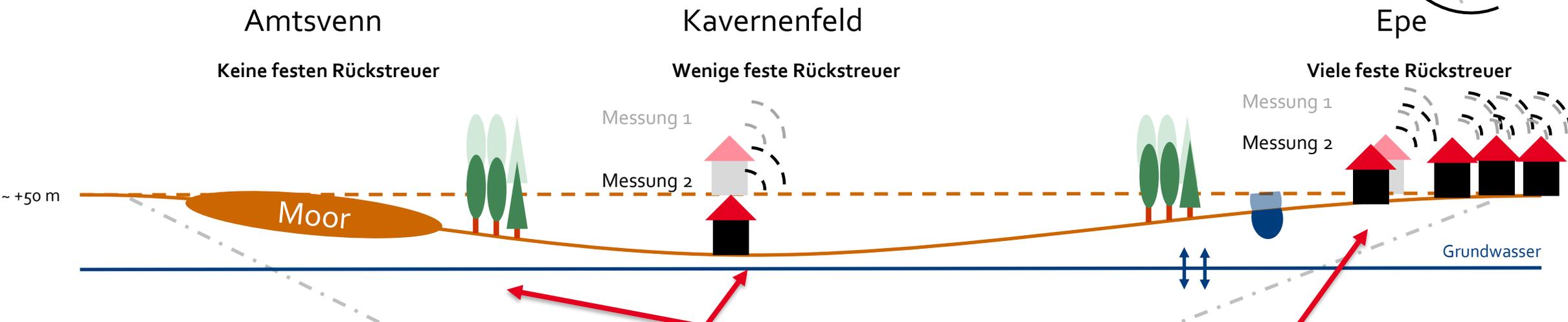
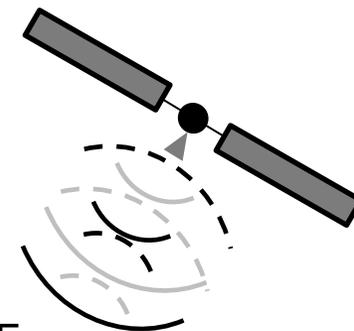
Wenige feste Rückstreuer

Epe

Viele feste Rückstreuer

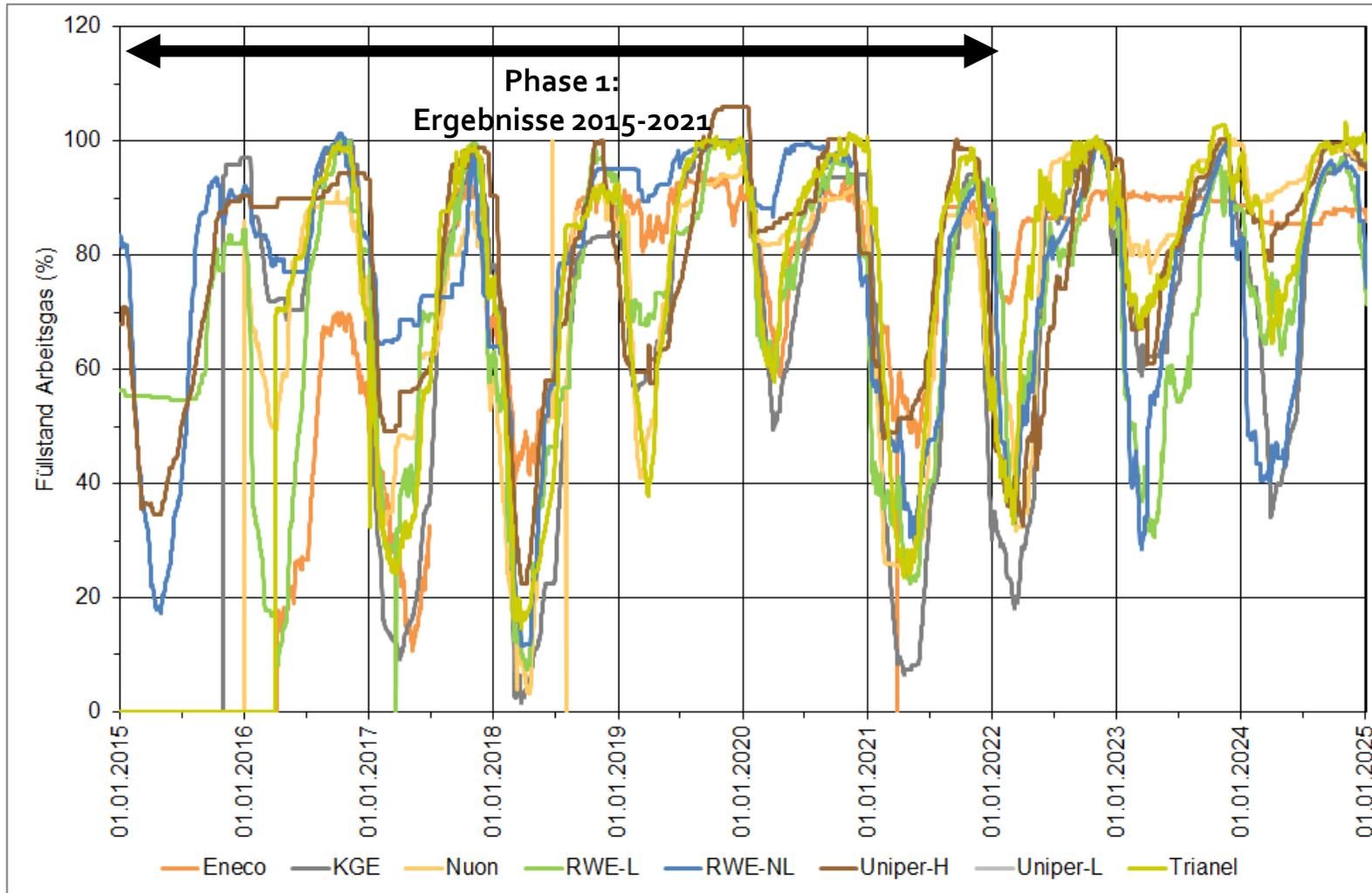


Vergleich der Methoden der Radar-Fernerkundung (Anwendung neuer Methode)

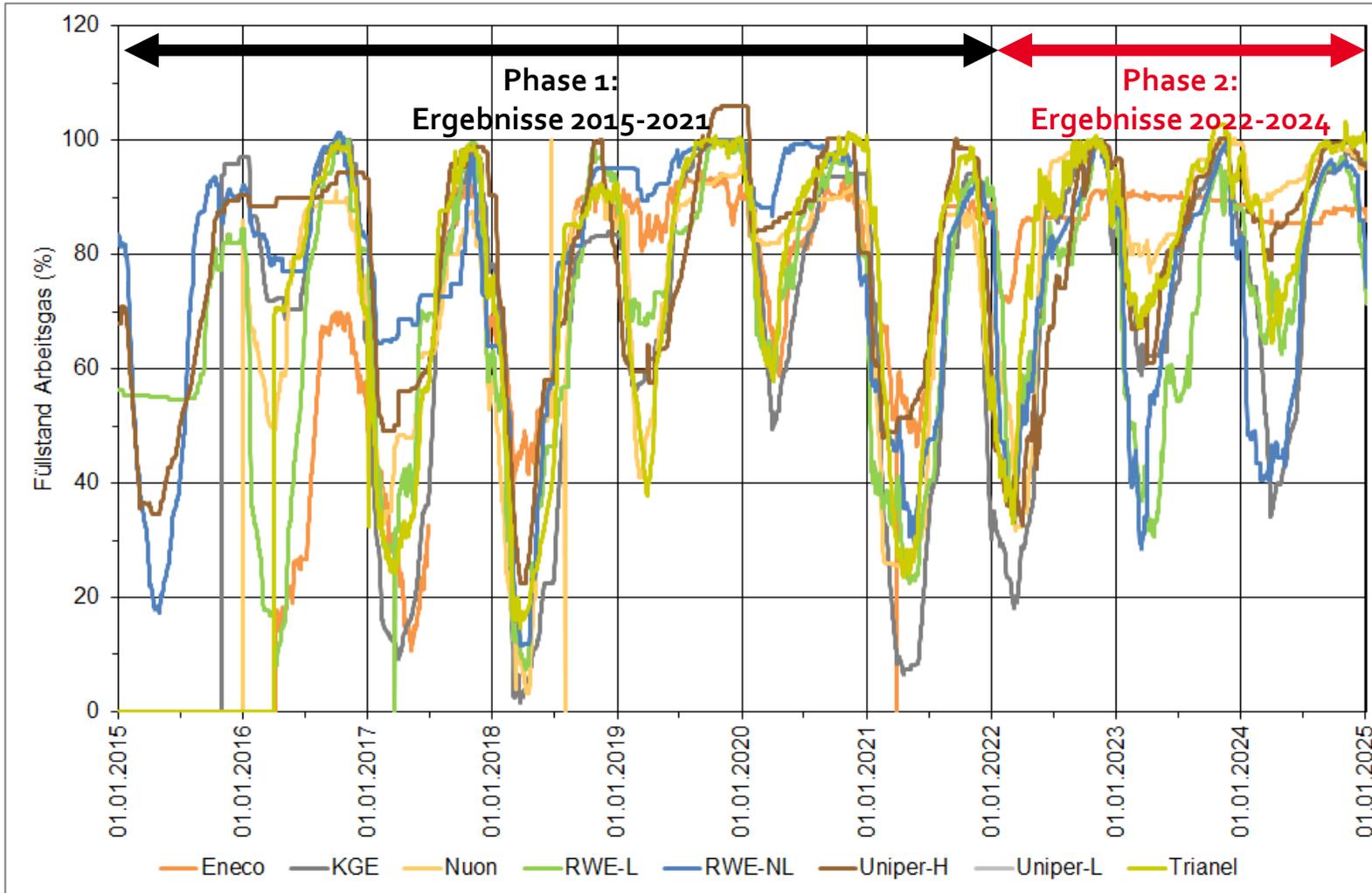


	Flächen Methode (eSBAS = enhanced Small Baseline Subset)	Punkt Methode (PSI = Persistent Scatterer Interferometry)
Flächige Auflösung	Niedrig (30 m * 30 m)	Hoch (< ~5 m)
Darstellung	„Flächiges Pixel“	„Konstantes Element“
Eignung	Bebaute und unbebautes Gelände	Bebautes Gelände
Räumliche Abdeckung	Gebäude und unbewaldete Freiflächen	<u>Nur</u> Gebäude

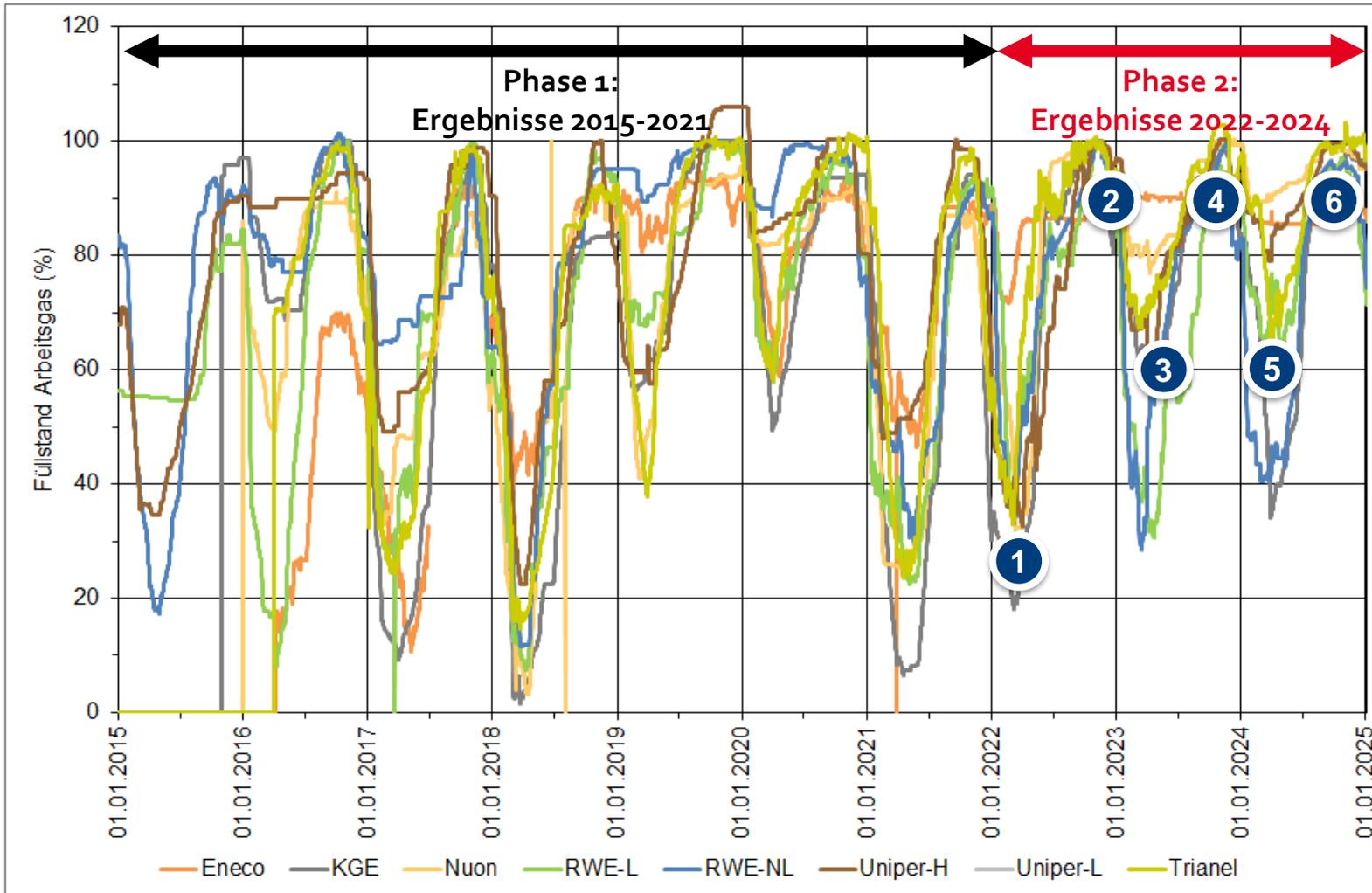
Darstellung der Speicherbeschäftigung



Darstellung der Speicherbeschäftigung

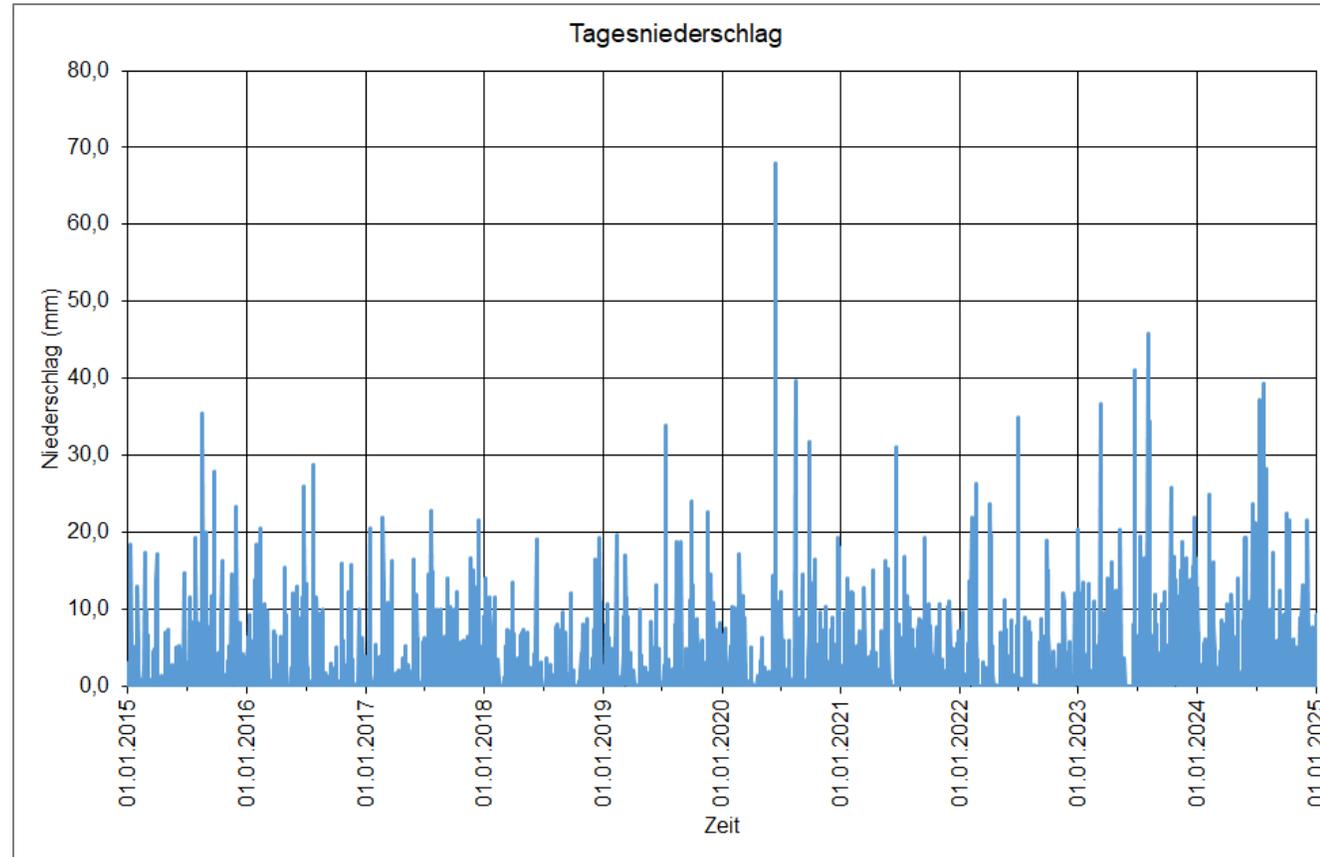


Darstellung der Speicherbeschäftigung



1. Starke Speicherbeschäftigung in 2021/2022
→ **Starke Bodensenkungen**
2. Hohe Füllstände in 2022
→ **geringere Bodenbewegung**
3. Mittlere bis schwache Speicherbeschäftigung in 2022/2023
→ **geringere Bodensenkung**
4. Hohe Füllstände in 2023
→ **geringere Bodenbewegung**
5. Mittlere bis schwache Speicherbeschäftigung in 2023/2024
→ **geringere Bodensenkung**
6. Hohe Füllstände in 2024
→ **geringere Bodenbewegung**

Niederschlag pro Tag für den Zeitraum 2015-2024

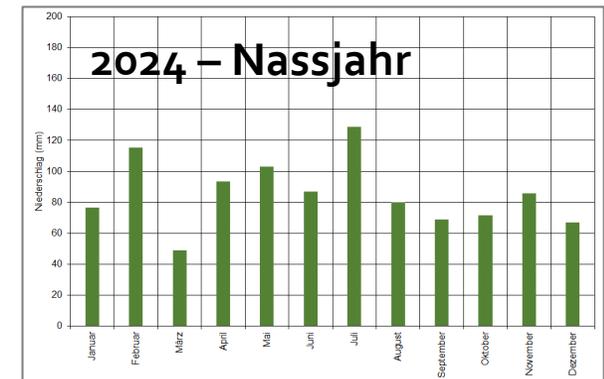
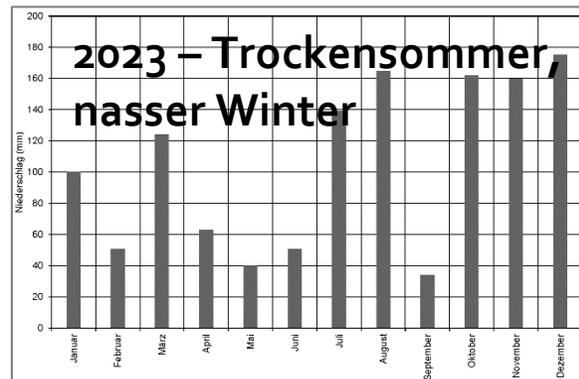
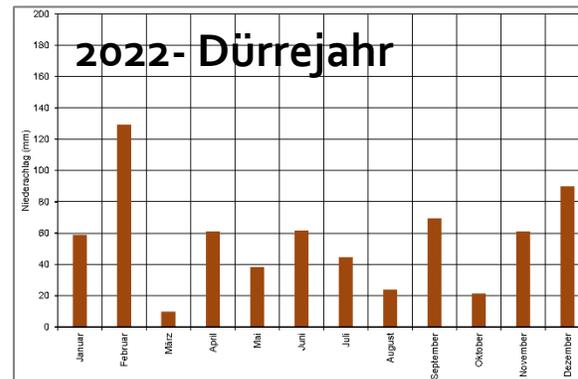
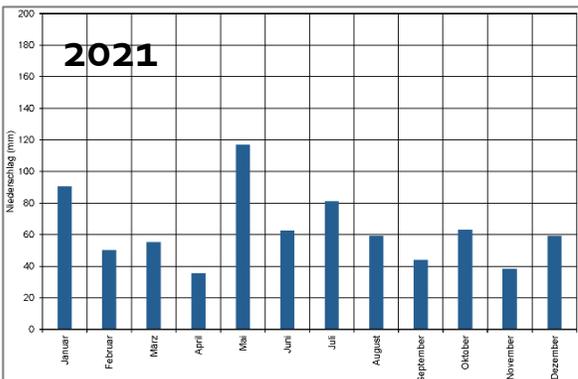
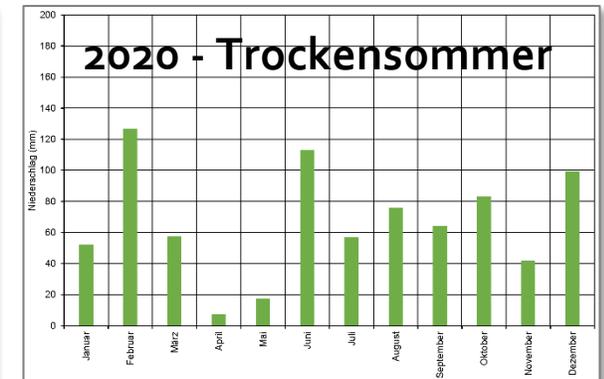
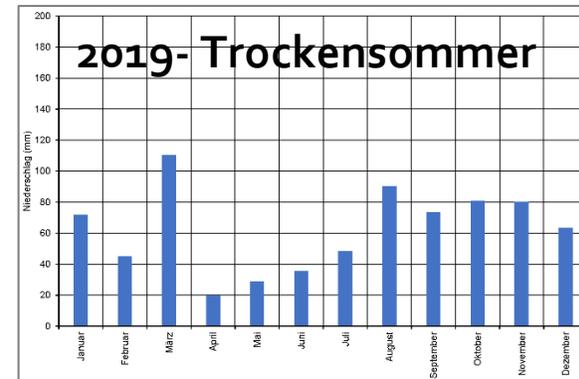
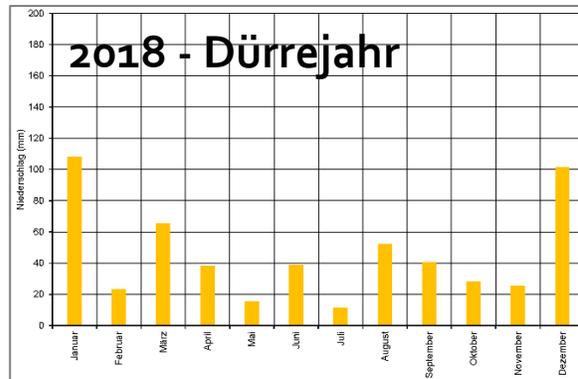
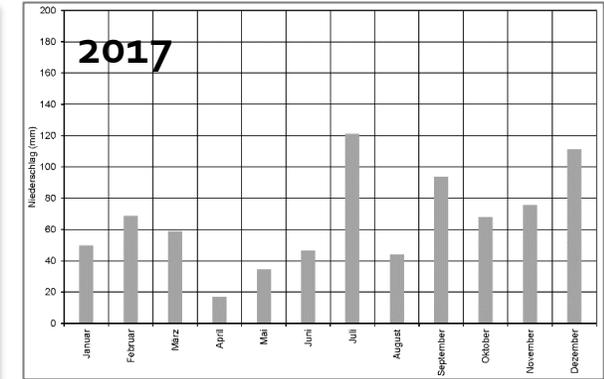
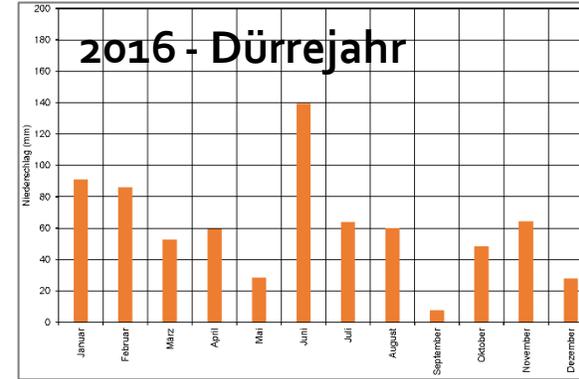
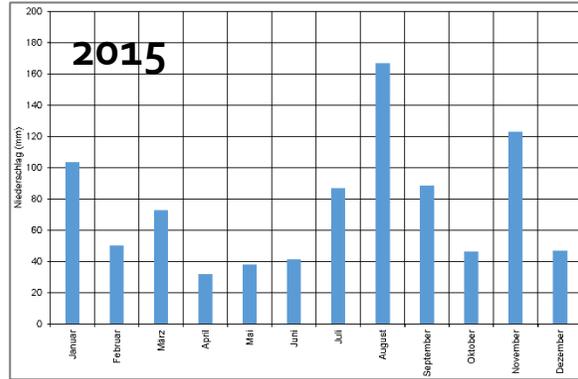


Jahr	Niederschläge (mm)	Typ
2015	895	
2016	728	Dürrejahr
2017	788	
2018	550	Dürrejahr
2019	747	Trockensommer
2020	796	Trockensommer
2021	755	
2022	668	Dürrejahr
2023	1.264	Trockensommer, Nasser Winter
2024	1.027	Nassjahr

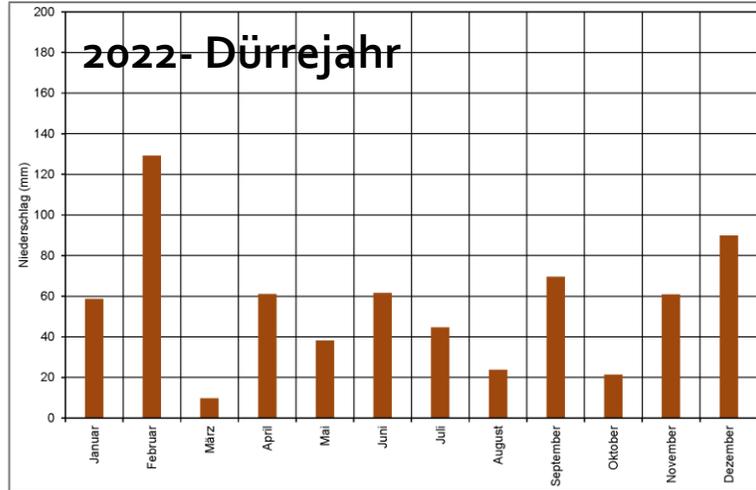
- Langjähriger, durchschnittlicher Niederschlag für Gronau um 800 mm/Jahr
- Immer eine lokale Betrachtung der Niederschlagsmengen notwendig!



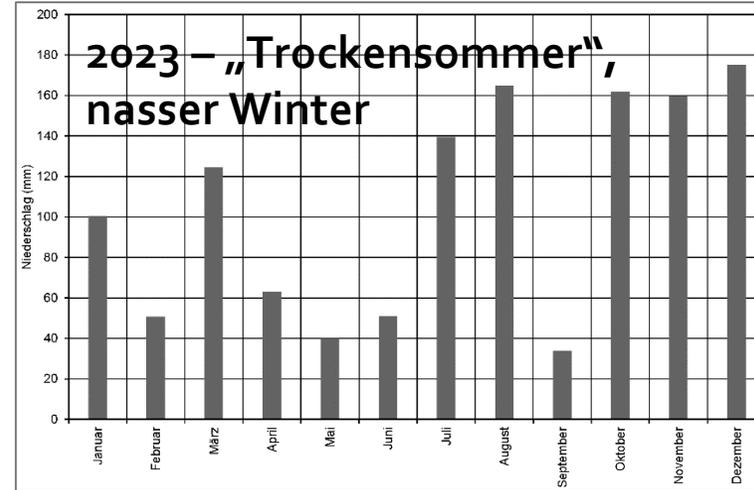
Einzeldarstellung der monatlichen Niederschläge



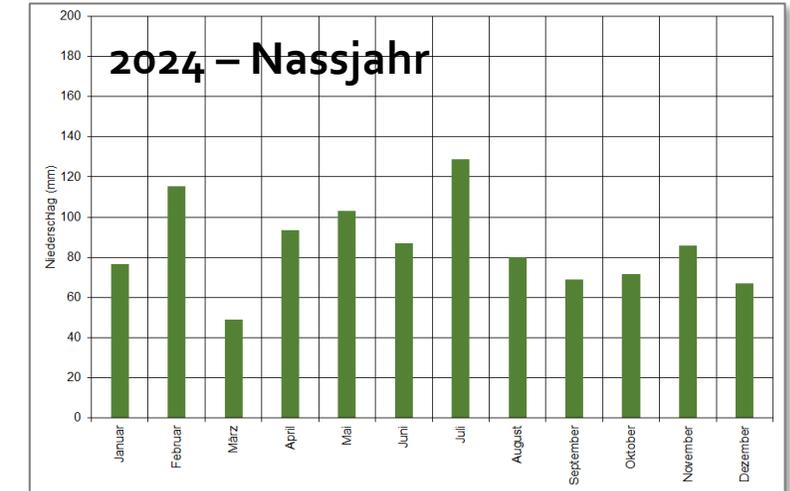
Vergleich des Niederschlages 2022, 2023 und 2024



- Gesamtniederschlagsmenge: **668 mm/m²**
- Dürrejahr mit grundsätzlich geringen Niederschlägen



- Gesamtniederschlagsmenge: **1.264 mm/m²**
- Trockenes Frühjahr/Spätsommer
- 4. Quartal: 497 mm (>50% durchschnittlichen Jahresniederschlag)
- Weihnachtshochwasser



- Gesamtniederschlagsmenge: **1.027 mm/m²**
- Mittlere bis hohe Monatsniederschläge
- Lokale Starkregenereignisse
 - 21. Juli 2024 mit 60,02 mm
 - 23. Juli 2024 mit 19,48 mm

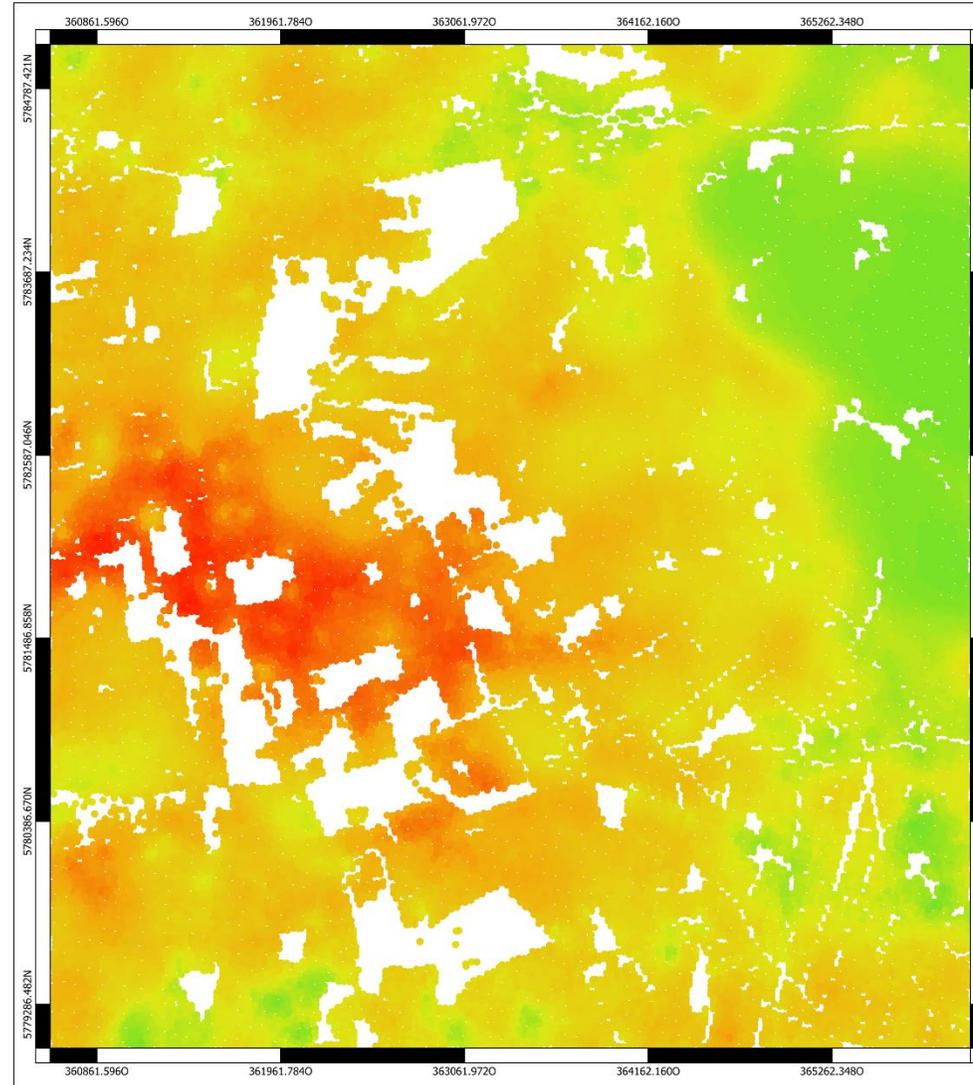
Darstellung der Bodenbewegungen

Darstellung der Daten vom 11/2015 bis 8/2024

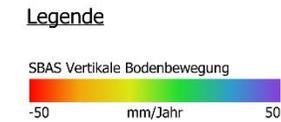
Bezugszeitraum Anfang 11/2015

Flächige Auswertung mittels der eSBAS Methode

Darstellung der vertikalen Durchschnittsgeschwindigkeit in mm pro Jahr



Übersicht Punktwolke



Darstellung

Zur Darstellung wurde eine kontinuierliche Farbskala von rot (negativ) nach lila (positiv) verwendet. Es werden die einzelnen Datenpunkte dargestellt. Negative Werte bedeuten eine Absenkung und positive Werte eine Hebung des Gebietes.

Dargestellt werden die SBAS Daten von 11/2015 bis 08/2024.

Kartenprojektion

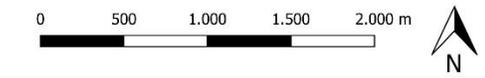
ETRS89 / UTM zone 32N
 Ellipsoid: GRS 1980

Gesamtes Untersuchungsgebiet

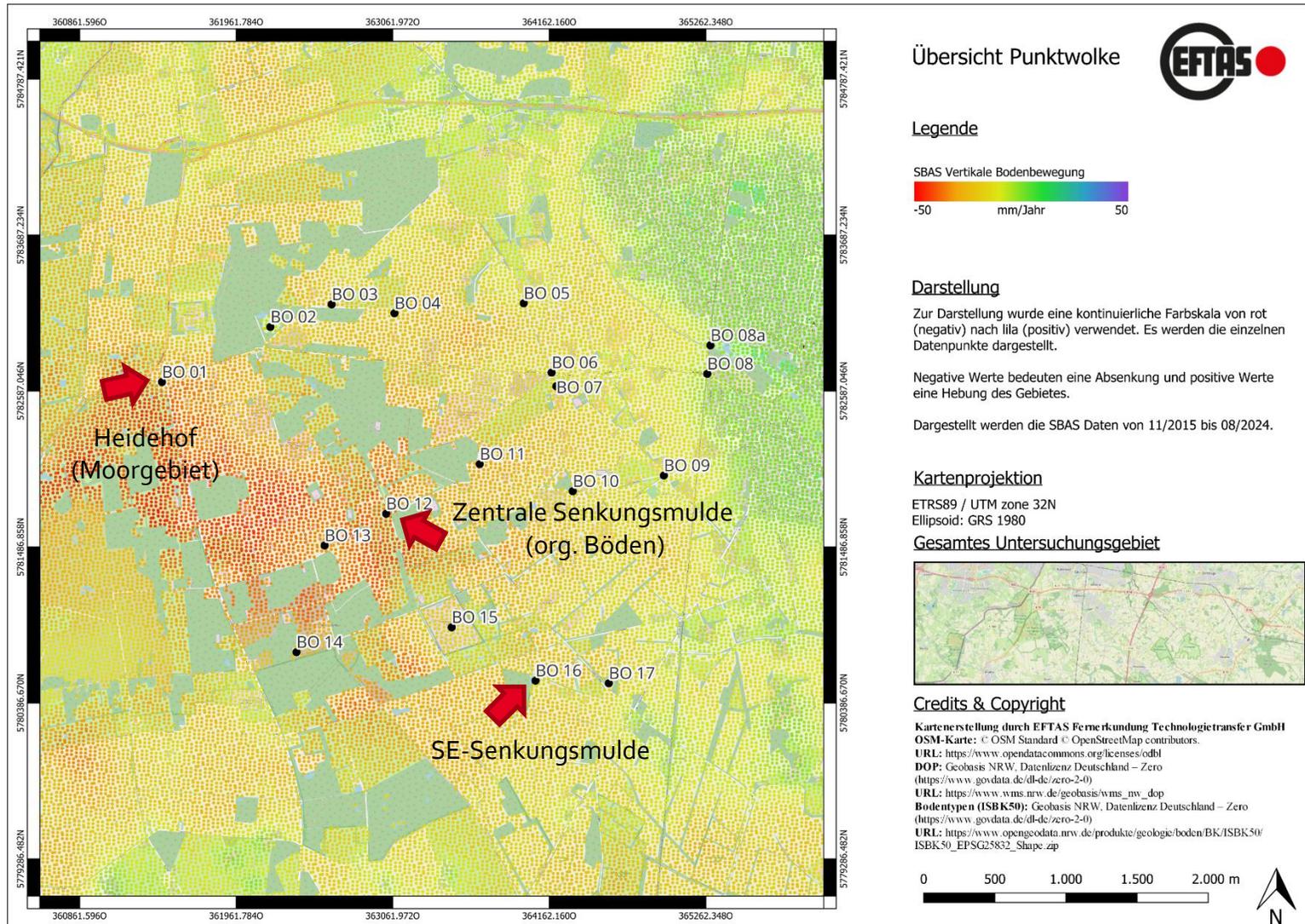


Credits & Copyright

Kartenerstellung durch EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH
 OSM-Karte: © OSM Standard © OpenStreetMap contributors.
 URL: <https://www.openstreetmap.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
 Bodentypen (ISBK50): Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland – Zero
 (https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0)
 URL: https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geologie/boden/BK/ISBK50/ISBK50_EPSG25832_Shape.zip

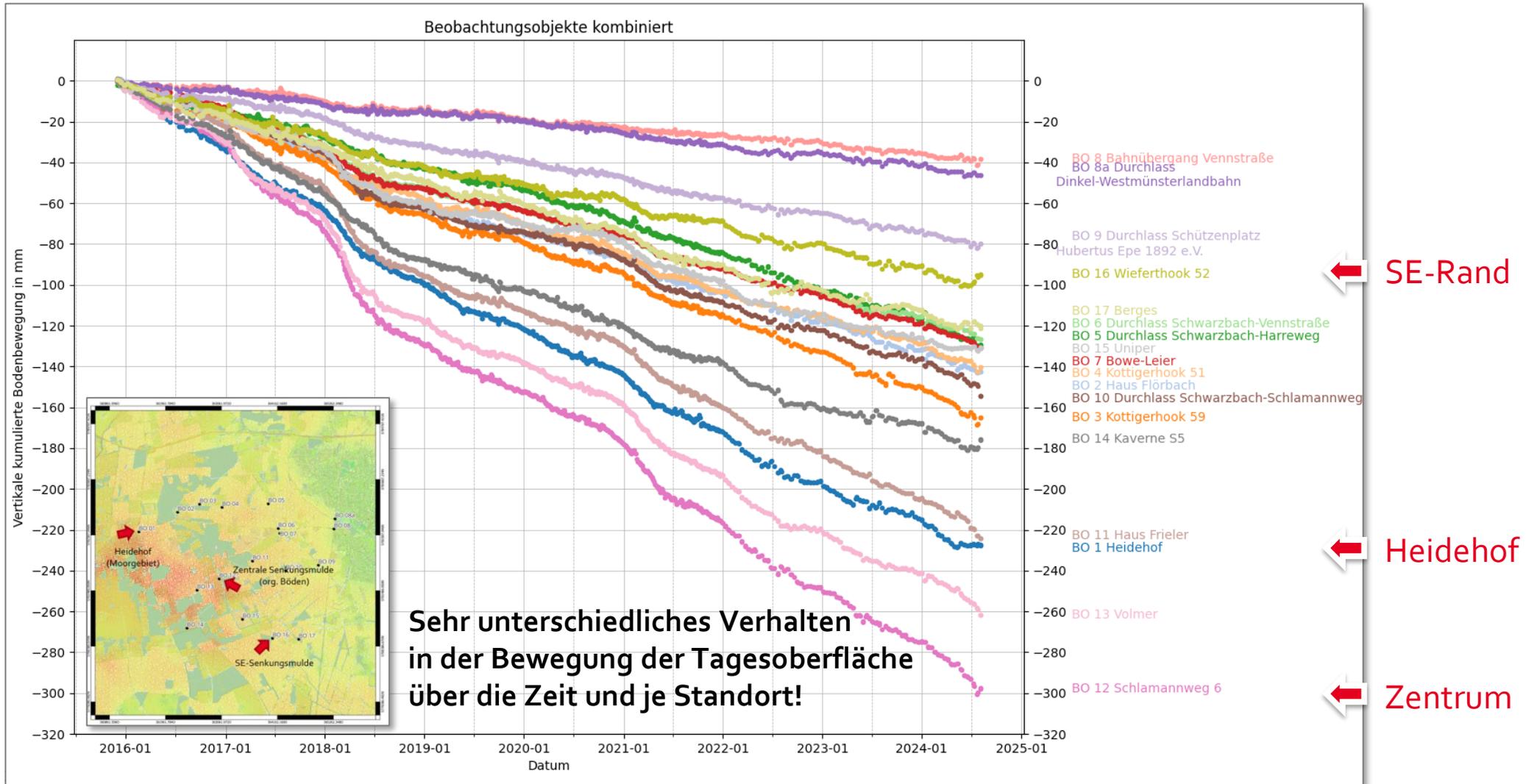


Darstellung der Bodenbewegungen – BI-K Beobachtungspunkte

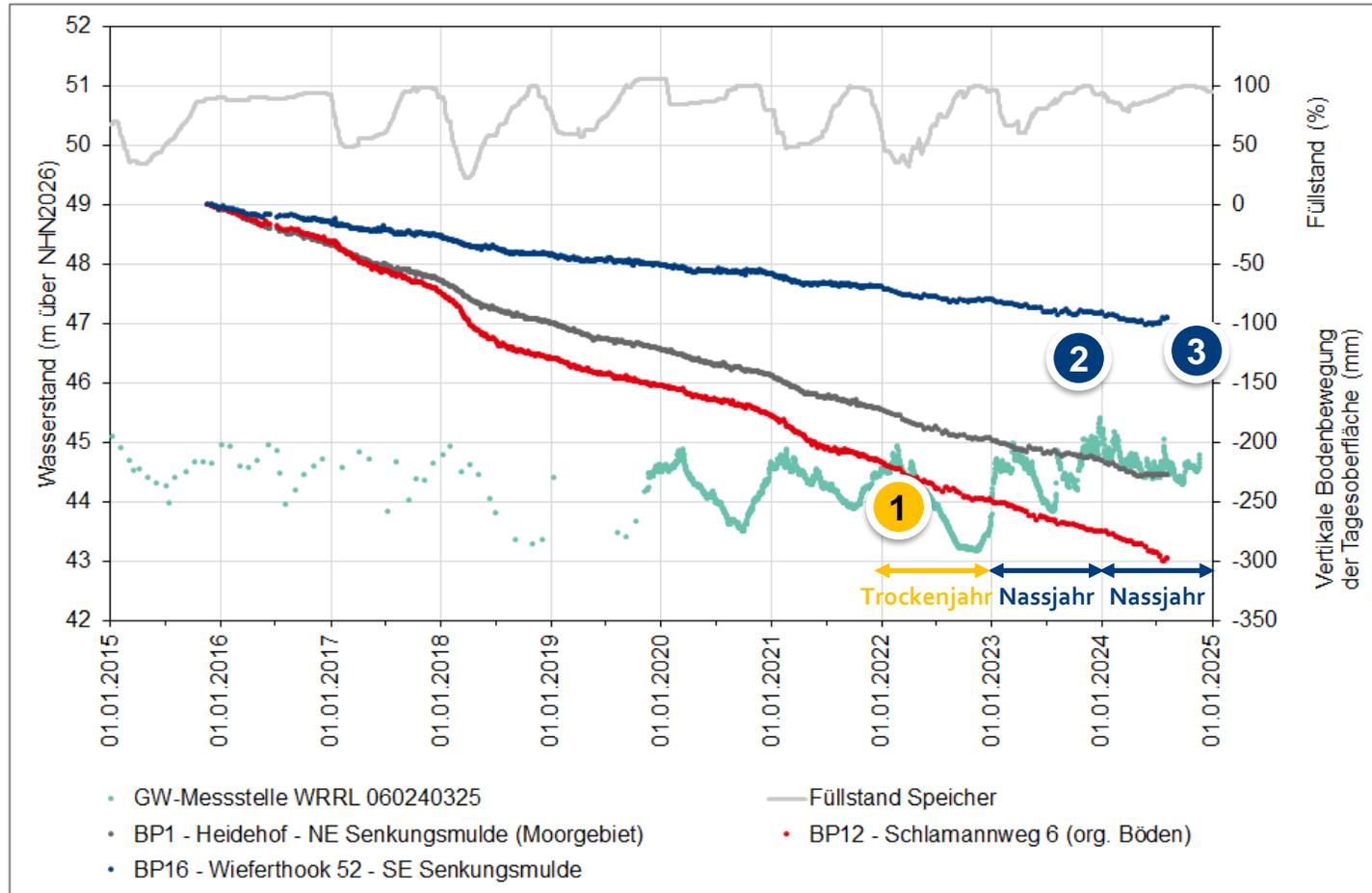


- Gute flächige Abdeckung
- Flächige Aussage
- Validierung mittels GNSS-Messungen von GeoBasis NRW („GPS Messung aus November 2022“)

Darstellung der Bodenbewegungen – BI-K Beobachtungspunkte



Bewegungen – Eine Interaktion zwischen einer Vielzahl von Faktoren



- ➔ ESBAS Methode zeigt die gesamte Bewegung der Tagesoberfläche
 - ➔ Untergrundgasspeicherung führt zur Bewegungen (Einfluss Bergbau)
 - ➔ Bewegung abhängig vom Füllstand
 - ➔ Bewegung in Abhängigkeit des Grundwasserflurabstandes
1. **Geringer Füllstand + Trockenjahr = Verstärkung der Bewegung**
 2. **Hoher Füllstand + 1. Nassjahr = langsame Bewegung**
 3. **Hoher Füllstand + 2. Nassjahr = z.T. randliche Hebungen**



Was macht das Hochwasser?

Darstellung von „Wassermasken“ zur Hochwasserbeobachtung

Benjamin Haske

Hochwasser an der Hoflage Krefter am 25. Dezember 2023 um 11.53h



Durchgang der Hochwasserwelle am 26. Dezember 2023 um 1.30h

Hochwasser an der Hoflage Krefter am 25. Dezember 2023 um 11.53h

Was für eine Art des Ereignisse ist das **Weihnachtshochwasser**?

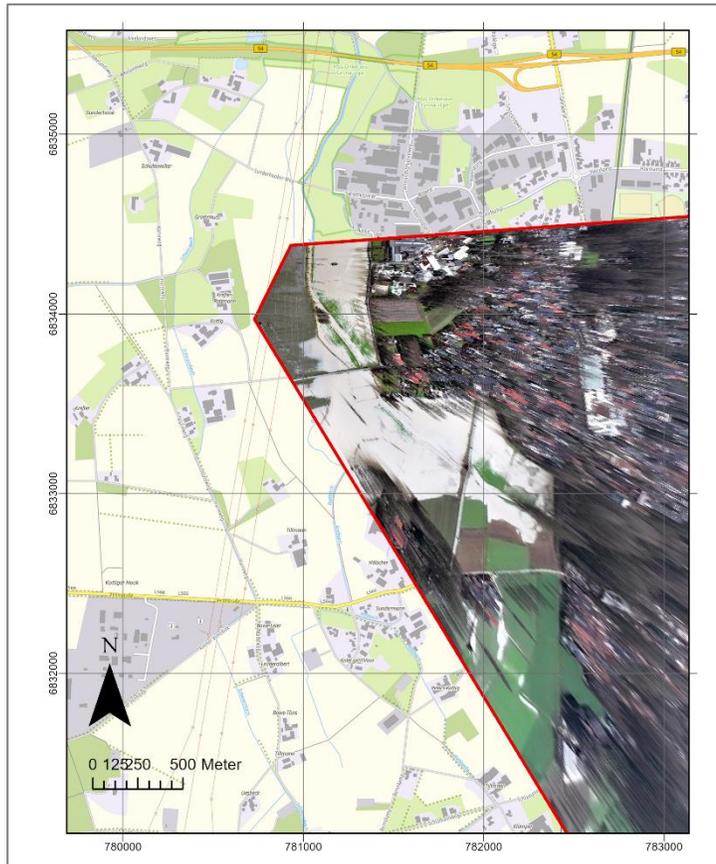
Definition gem. Hochwassergefahrenkarten (HWGK)

- HQhäufig: Hochwasser, das im Mittel alle **10 bis 20 Jahre** auftritt, also relativ häufig.
- HQ₁₀₀: Hochwasser, das im Mittel alle **100 Jahre** auftritt.
- HQextrem: Extremhochwasser, das im Mittel deutlich **seltener als alle 100 Jahre** auftritt.

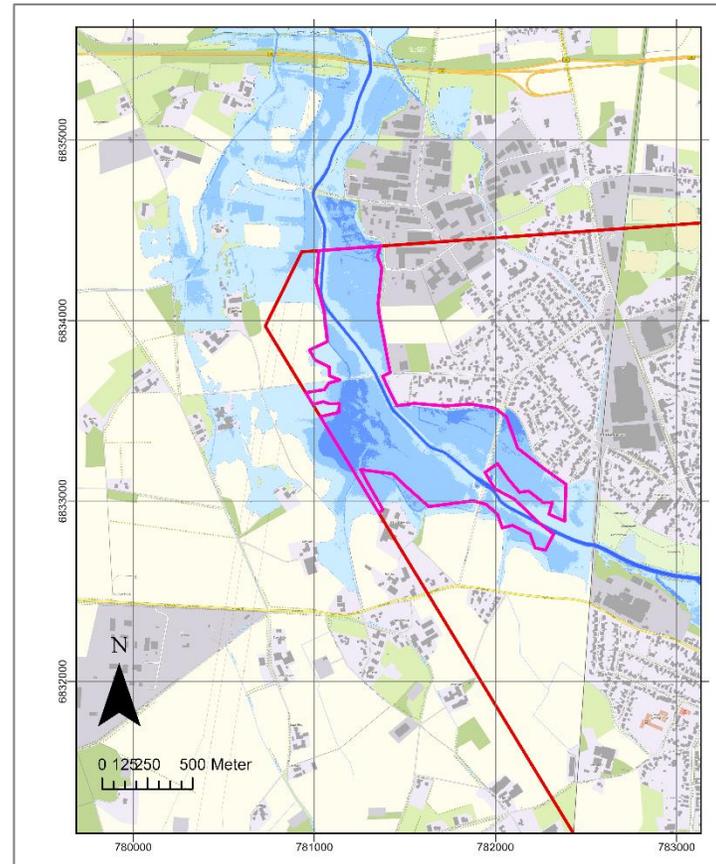
<https://www.flussgebiete.nrw.de/hochwassergefahrenkarten-inhalte-und-symbole> 2025

Auswertung der Darstellung vom 25. Dezember 2023 um 11.53h

Kartendarstellung der Kopteraufnahme Krefter



Kombination mit der Hochwasser-Gefahrenkarte NRW HQ10-50



- Das Weihnachtshochwasser 2023 ist ein Ereignis welches in der Ausdehnung kleiner einem Ereignis mit hoher Wahrscheinlichkeit (10 bis 20 Jahre) ist.



Die Unterschiede in Regenereignissen

Dauerregen

- lang anhaltendes, ununterbrochenes Niederschlagsereignis
- Die Intensität muss dabei mehr $>0,5 \text{ l/m}^2/\text{h}$ über einen Zeitraum $>6\text{h}$

Starkregen

- Große Regenmenge innerhalb kurzer Zeit
- Stufen: $>15 \text{ l/m}^2/\text{h}$, $>25 \text{ l/m}^2/\text{h}$, $>40 \text{ l/m}^2/\text{h}$

Sommer-/Winterhochwasser

- Im Sommer häufig nach Starkregenfällen
 - Schneller Anstieg, hoher Abfluss
- Im Winter nach Schneeschmelze
 - Langsamer Anstieg, hoher Abfluss

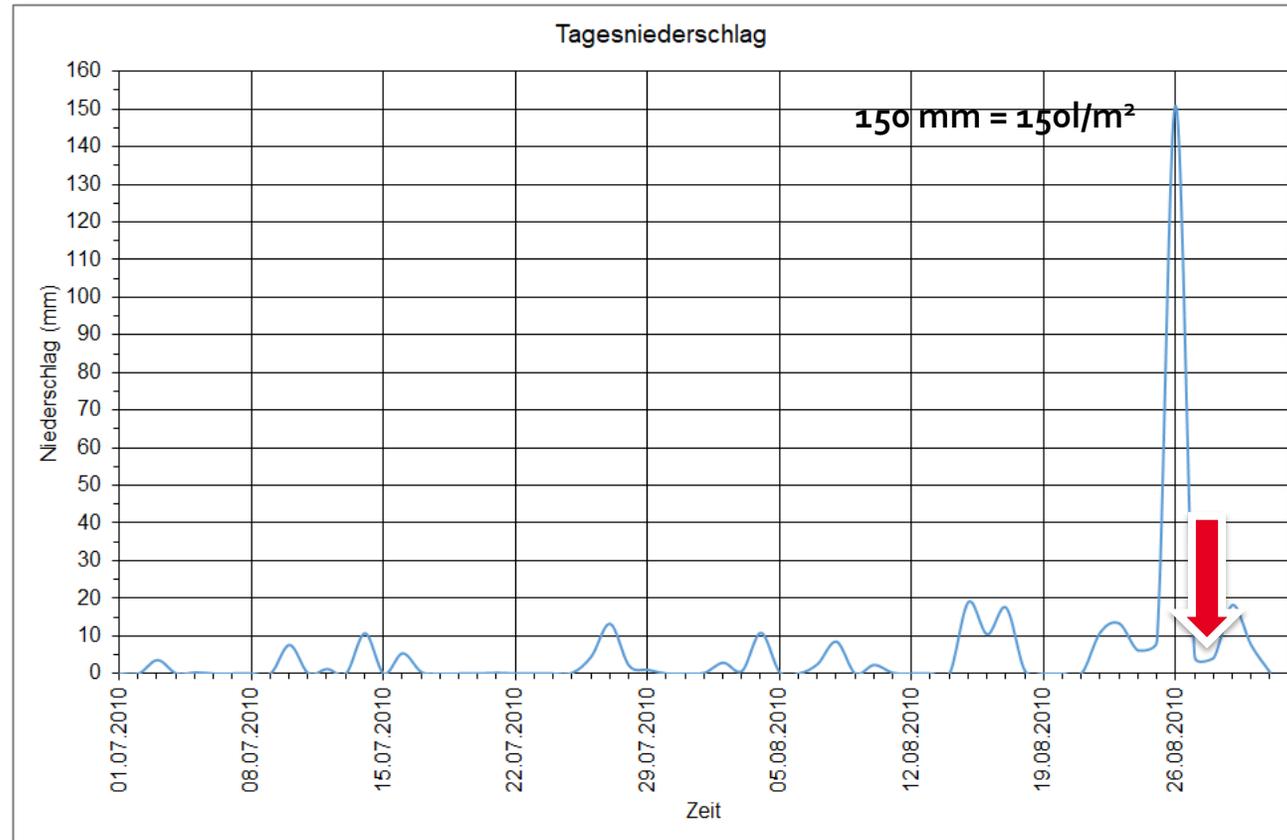
Überschwemmungen

- Überlastung urbaner Infrastruktur
- Geringe Vorwarnzeit

Überwachung der Ausdehnung von überfluteten Gebiete

- Nutzung von Zeitreihenanalysen mittels Fernerkundungsdaten!
- Nutzung von Radarsatelliten und Wassermasken (Rückstreuverhalten des Radarsignals)!

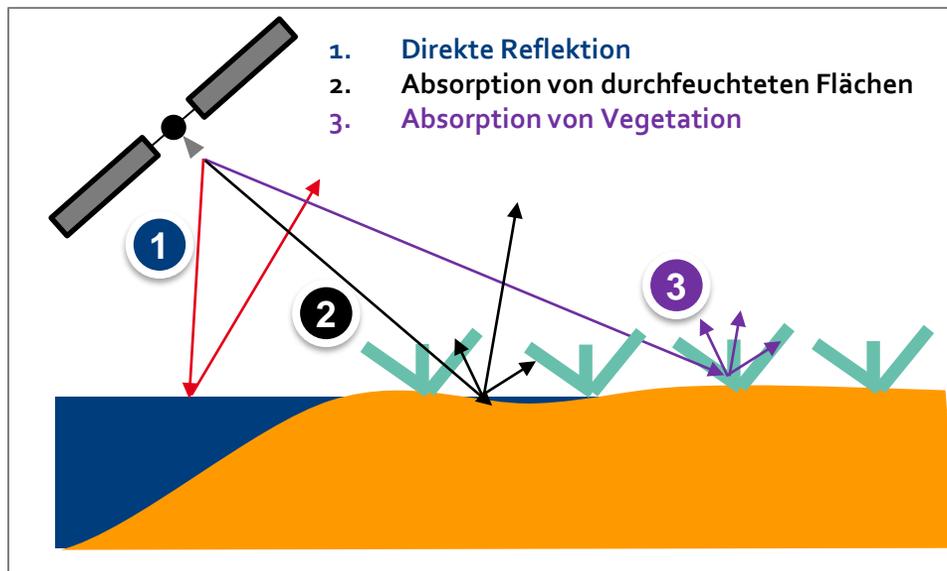
Vergleich: Starkregen am 26. August 2010 – Hochwasser am 27.-29. August 2010



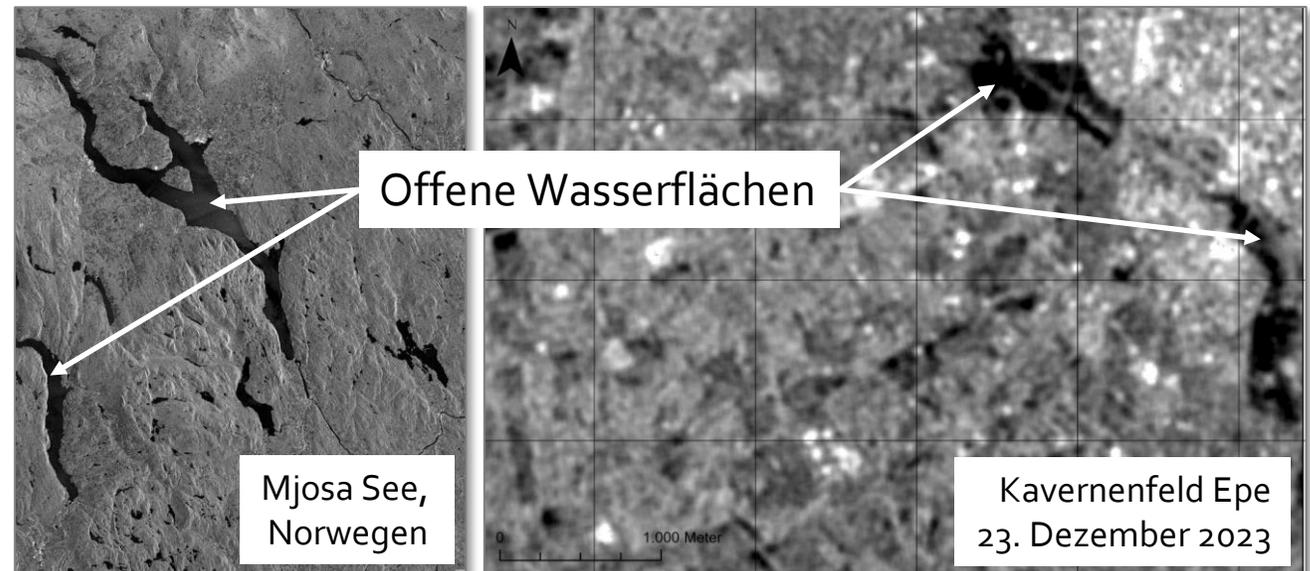
- Alarmierung zum Hochwasser erst einen Tag nach dem Starkregenereignis (zeitliche Lücke ≠ Starkregenereignis 2014 in Münster, bei der es unmittelbar zur Alarmierung gekommen ist)
- Extremwetterereignis nach langer Trockenphase (8 Wochen) führt zum hauptsächlichen Oberflächenabfluss (lokale Retention erhöhen?)

Einführung in Wassermasken

- Nutzung von Radar-Satellitenfernerkundung zur Identifikation von Wasserflächen und Feuchtgebieten
 - Nutzung des Ansatzes der direkten Reflektion („Spiegel“) von Wasseroberflächen und Absorption von (durch-)feuchten Flächen
 - Kalibriert mit optischer Kontrolle, multispektraler Daten (Vegetationsgesundheit) und Geländemodell
 - **ACHTUNG: Bodenauflösung liegt bei ca. 5 m * 20 m**



nach Solbø & Solheim 2004

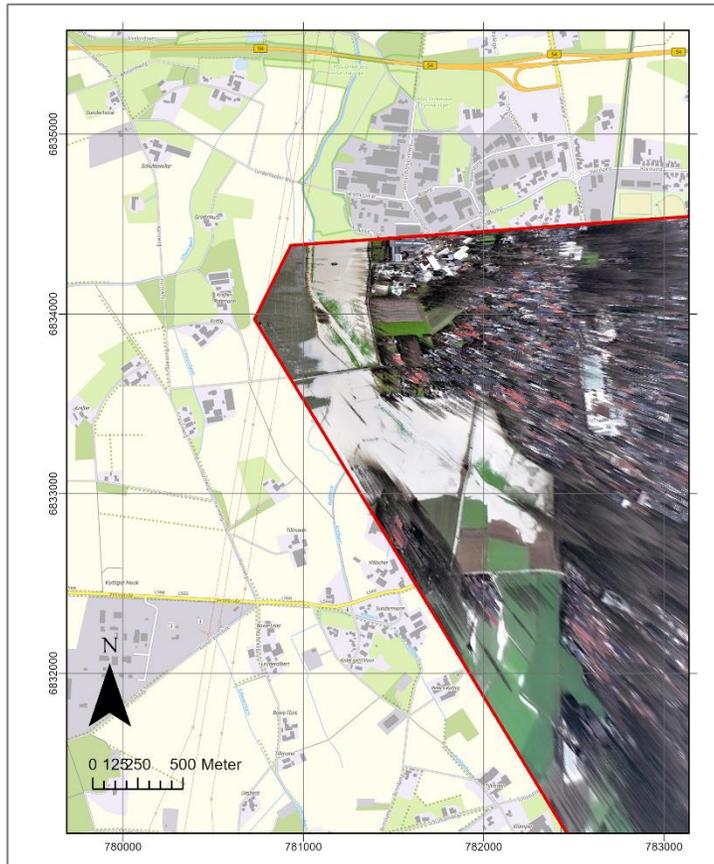


<https://www.esa.int/earthsearch?q=mjosa>

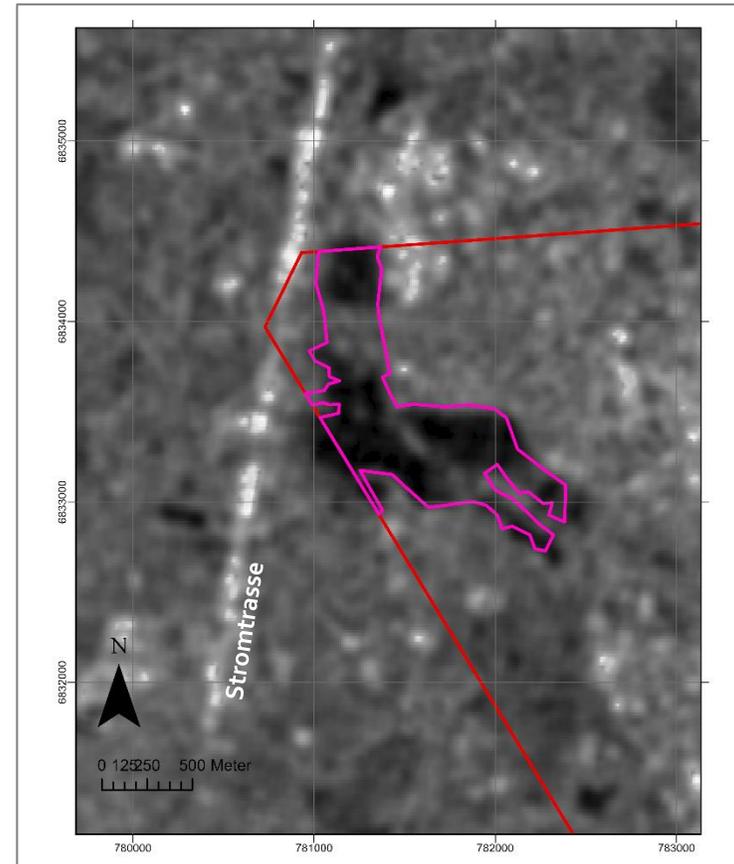
<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

Darstellung des Ereignisses vom Dezember 2023 im Radarbild

Kartendarstellung der Kopteraufnahme Krefter



Radarbild des europäischen Sentinel-1 vom 27.12.2023

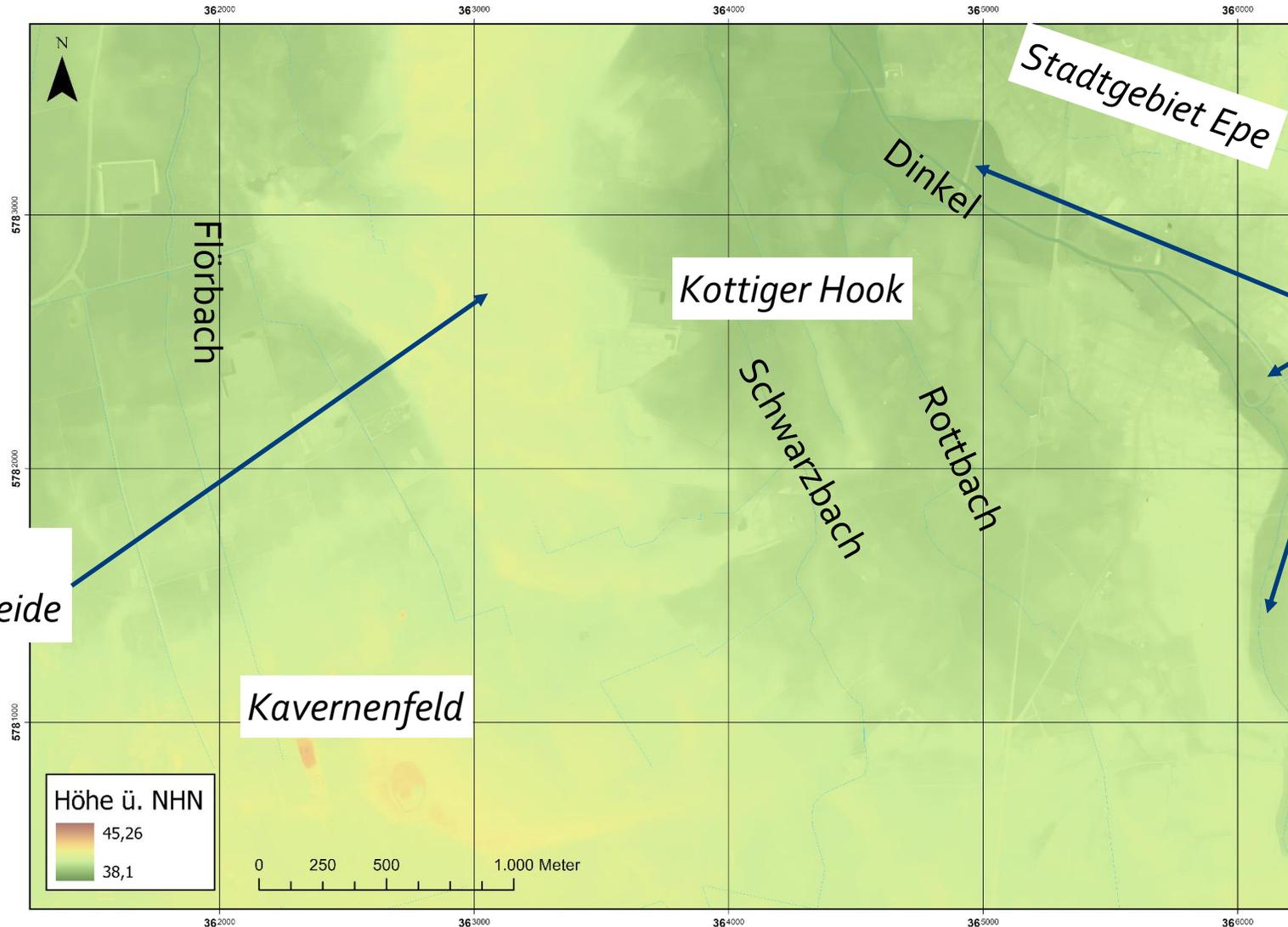


- Wasserflächen am 23.12. und 27.12. deutlich im Radarbild erkennbar
- Berechnung der Wasserflächen kann automatisiert erfolgen
- Überflug alle 2-3 Tage
- Wirksames Tool für das Monitoring von Hochwasserereignissen

Gewässer- und Höhenverhältnisse im Kavernenfeld

Es handelt sich um eine schwach reliefierte Region auf Niederterassen und im Vorfeld der ehemaligen Gletscher (Sander, Restdünen)

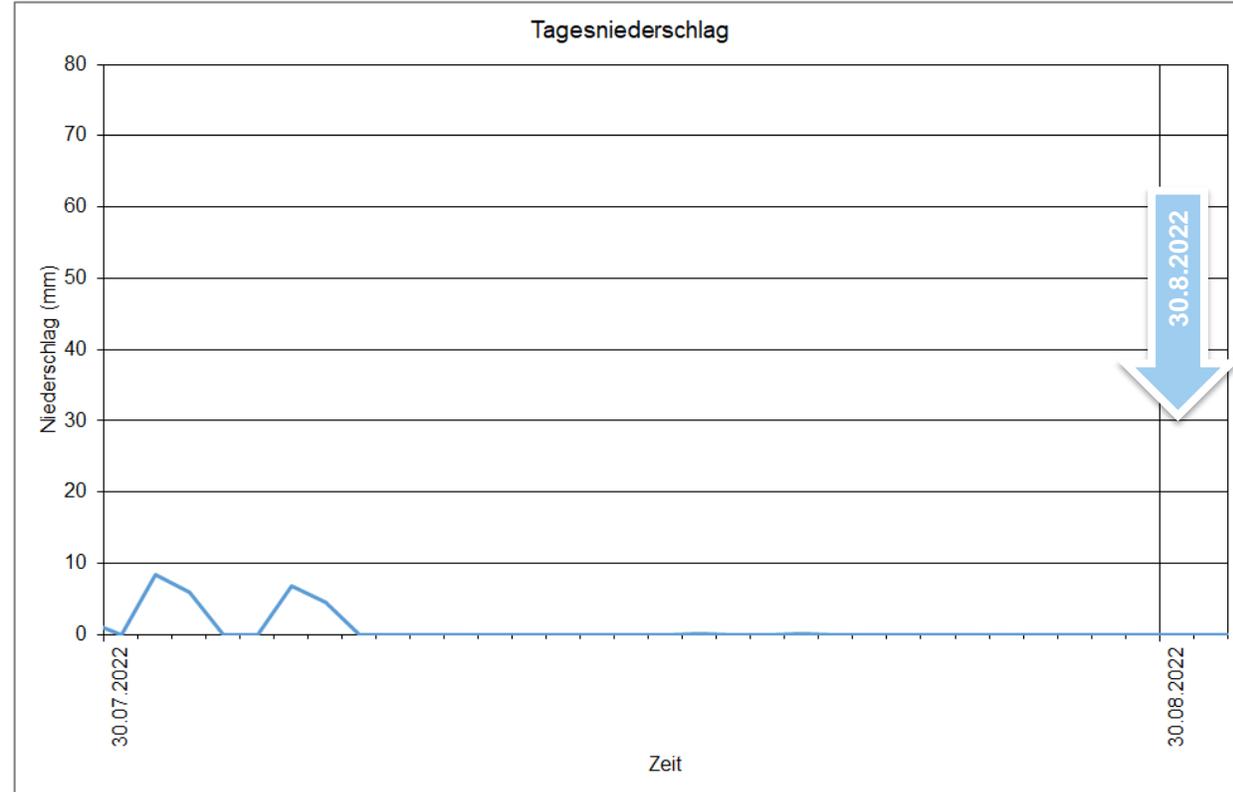
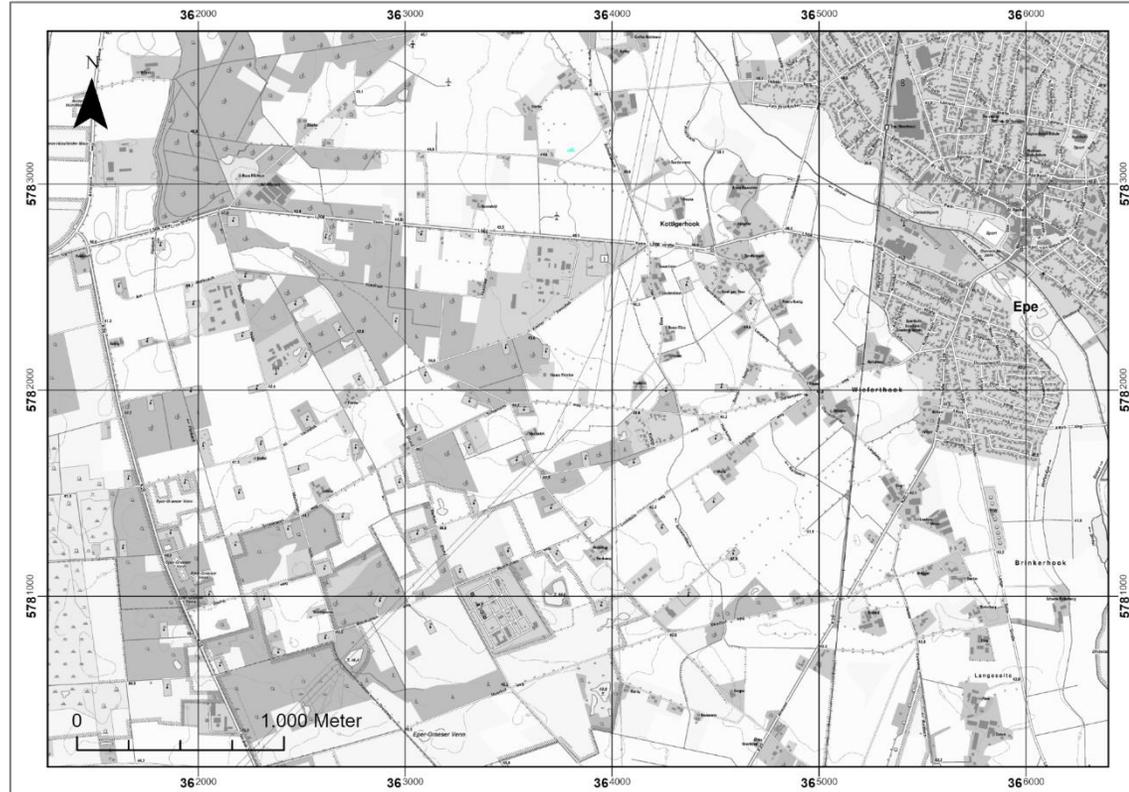
Erhebung:
Lokale Wasserscheide



Überflutungsflächen (Retentionsflächen)

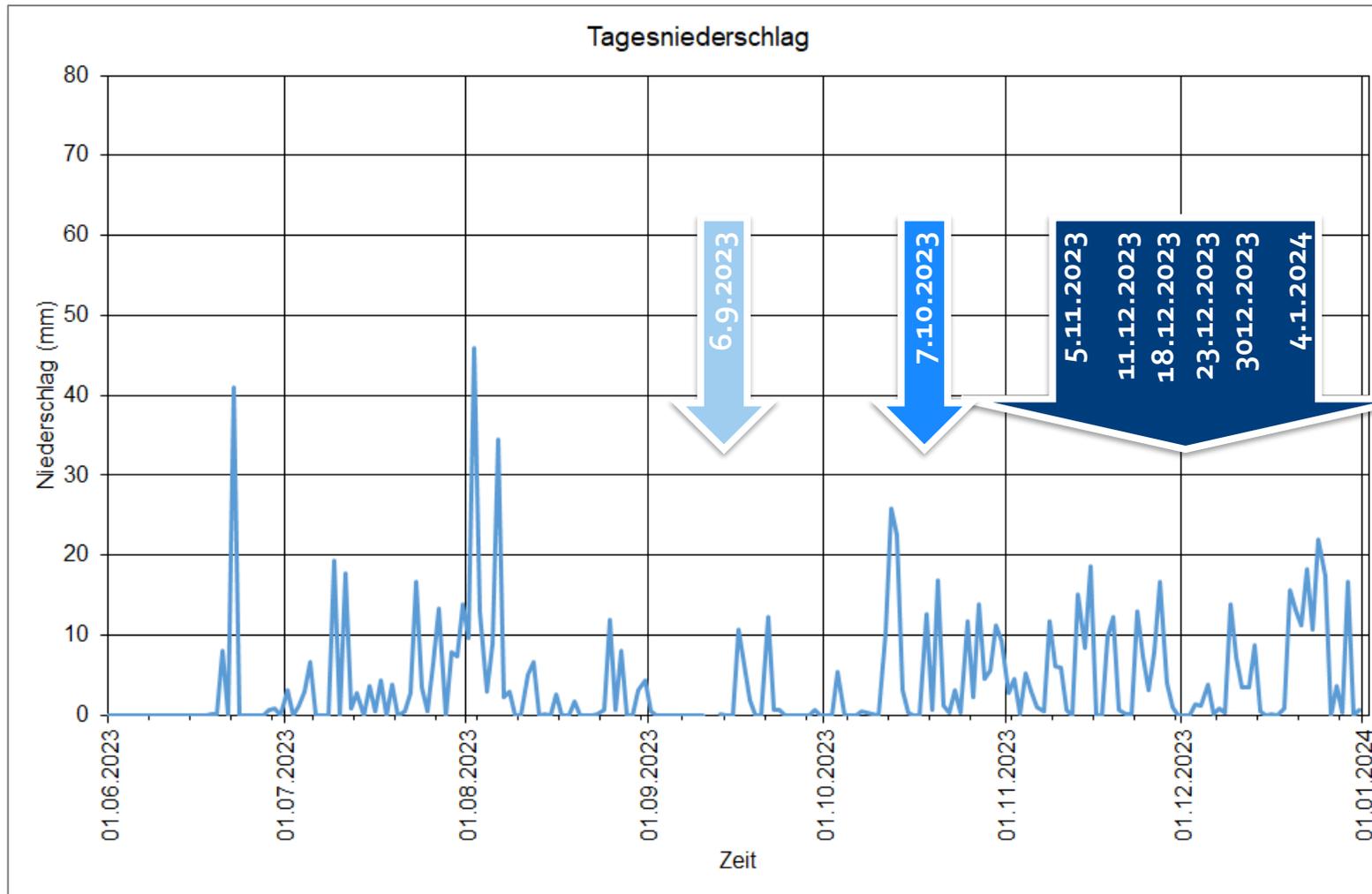
Darstellung der Wasserflächen und Feuchtgebieten – 2022

30. August 2022



Niederschlag mit > 5 mm/m² ist > 30 Tage vergangen!

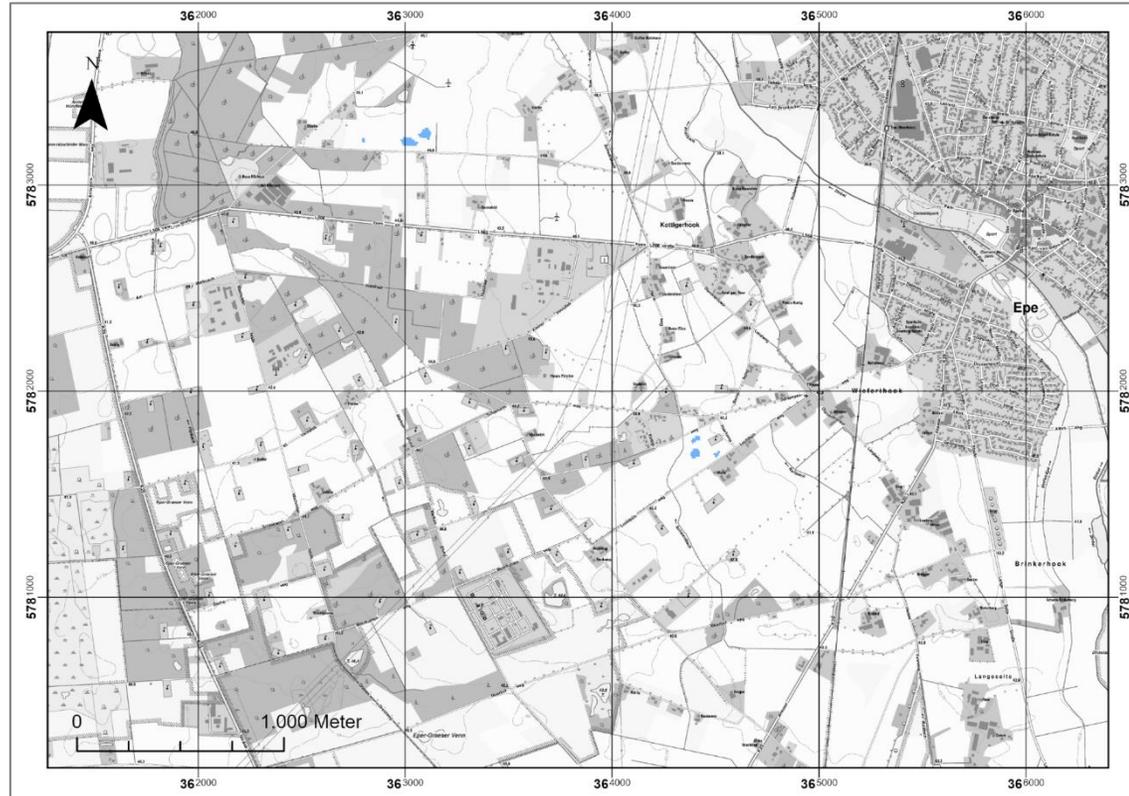
Darstellung der Wassermasken – 2023 – Niederschläge



1. September 2023
→ **Trockenphase**
2. Oktober 2023
→ **Beginn der Regenphase**
3. Dezember 2023
→ **Volle Regenphase**

Darstellung der Wasserflächen und Feuchtgebieten – 2023 – I

6. September 2023

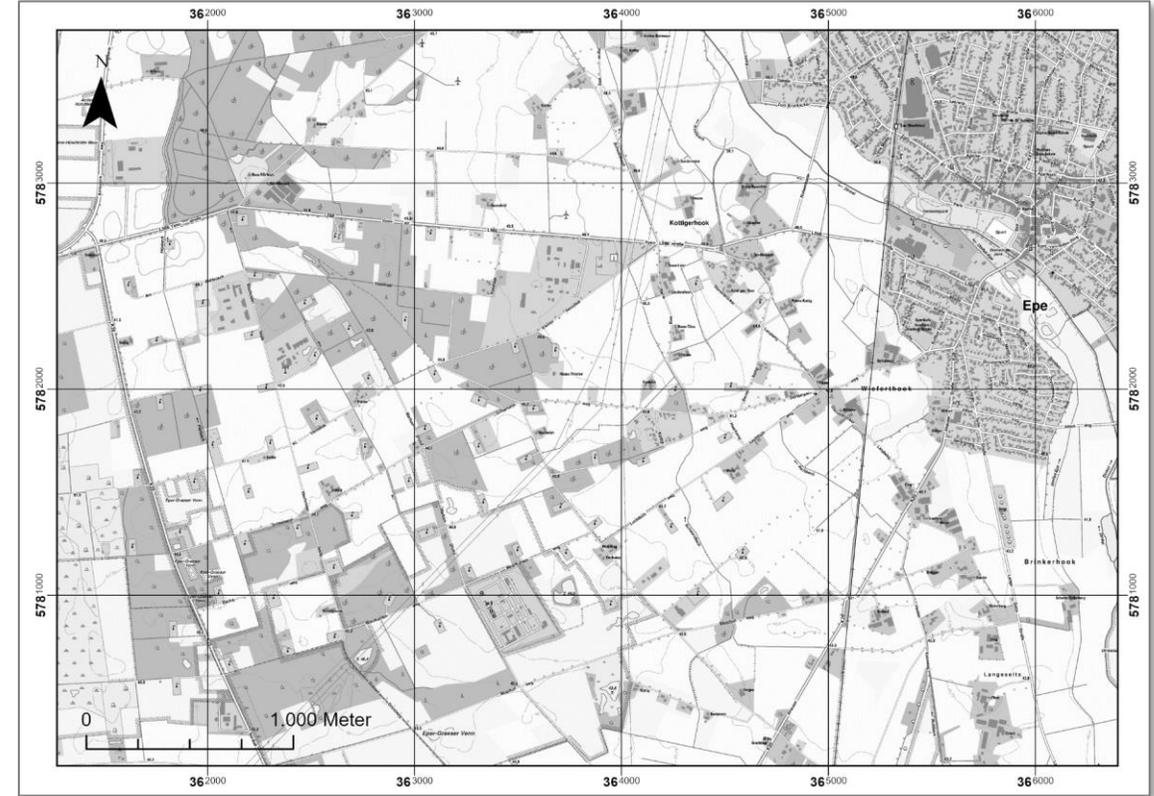


Geringer Niederschlag mit bis zu 10 mm/m² in den vergangenen 30 Tagen

→ **Retention/Abfluss funktioniert!**

43

7. Oktober 2023

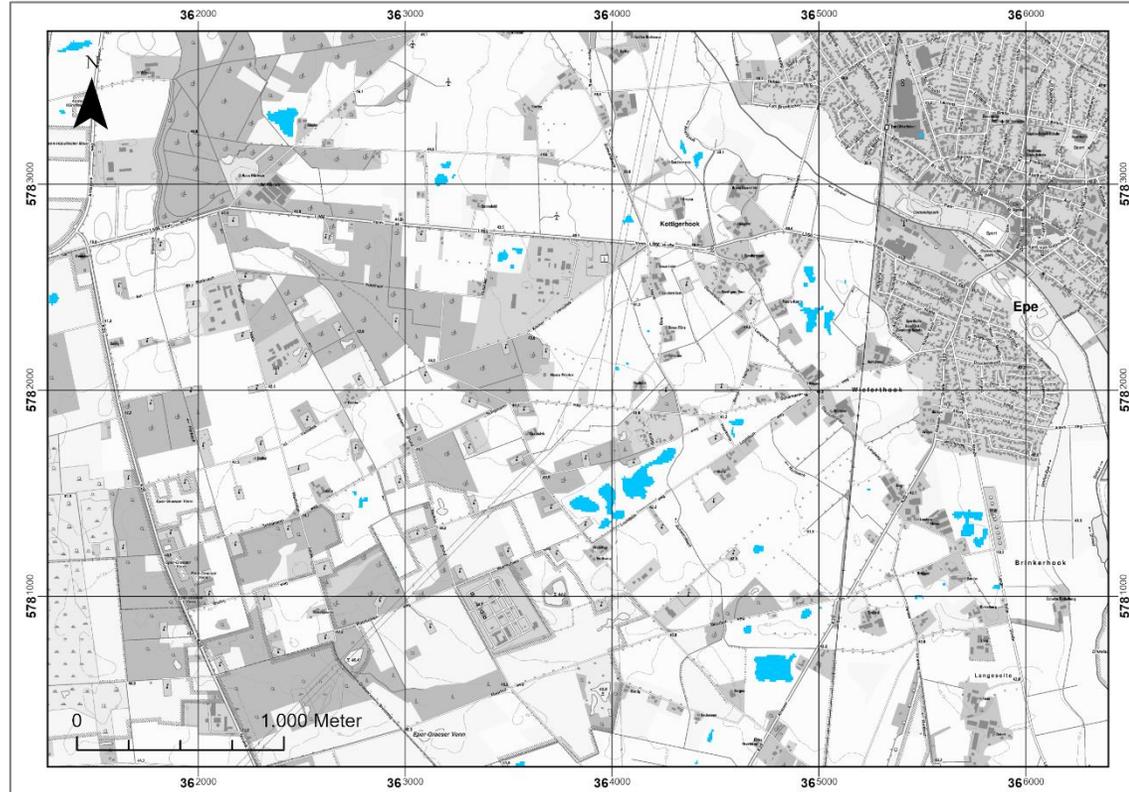


Geringer Niederschlag mit bis zu 10 mm/m² in den vergangenen 30 Tagen

→ **Retention/Abfluss funktioniert!**

Darstellung der Wasserflächen und Feuchtgebieten– 2023 – II

5. November 2023



Geringer Niederschlag mit bis zu 10 mm/m² in den vergangenen 30 Tagen

→ **Gebiet wird feucht (Staunässe)!**

44

11. Dezember 2023

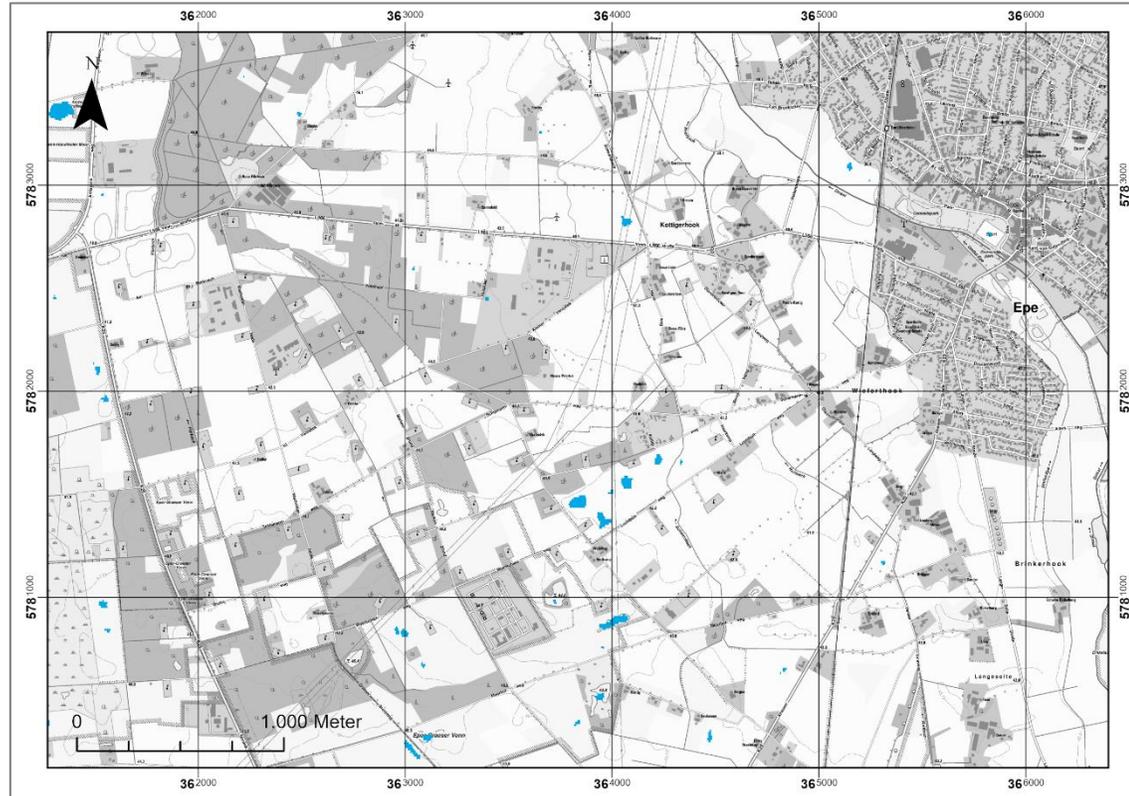


Mittlerer Niederschlag mit bis zu 25 mm/m² in den vergangenen 60 Tagen

→ **Gebiet wird feucht (Staunässe)!**

Darstellung der Wasserflächen und Feuchtgebieten – 2023 – III

18. Dezember 2023



Kontinuierlicher, mittlerer Niederschlag mit bis zu 20 mm/m² in den vergangenen 90 Tagen
 → **Gebiet ist feucht (Staufläche)!**

45

23. Dezember 2023 – „Weihnachtshochwasser“



Kontinuierlicher, mittlerer Niederschlag mit bis zu 20 mm/m² in den vergangenen 90 Tagen
 → **Gebiet ist nass! Lokale Hochwässer (Dinkel)!**

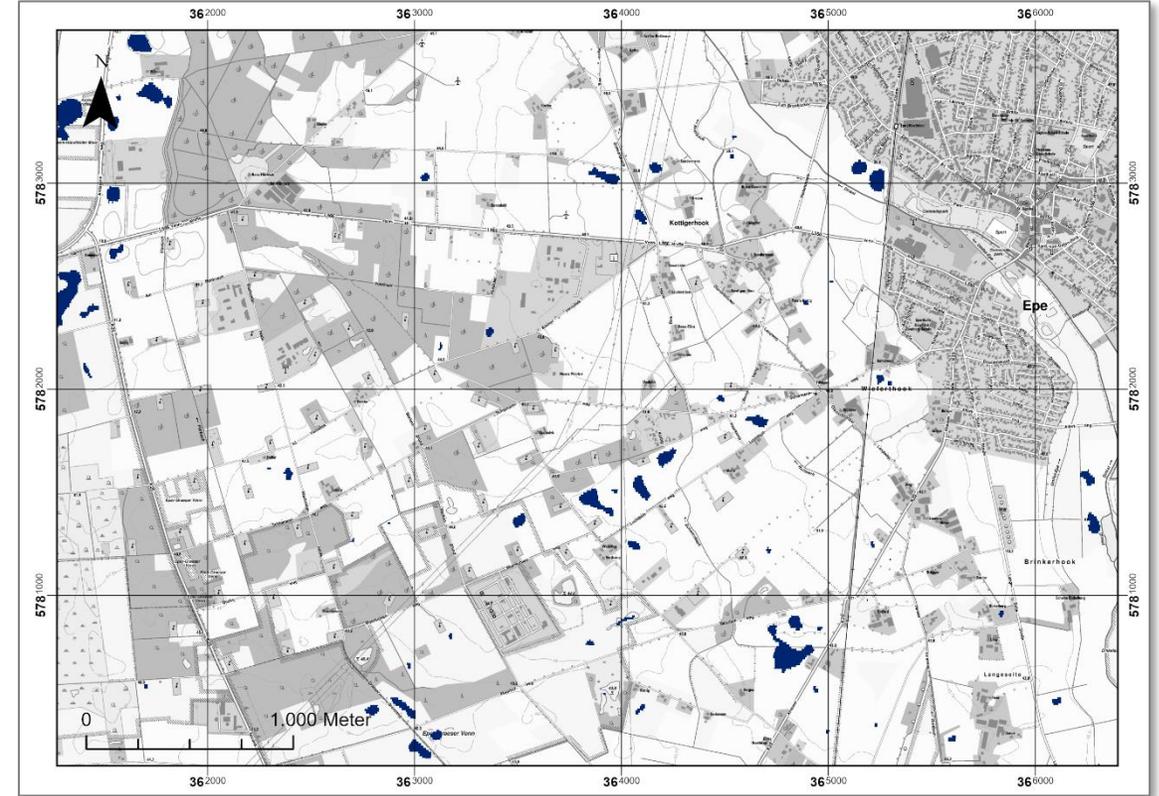
Darstellung der Wasserflächen und Feuchtgebieten – 2023/2024 – IV

30. Dezember 2023



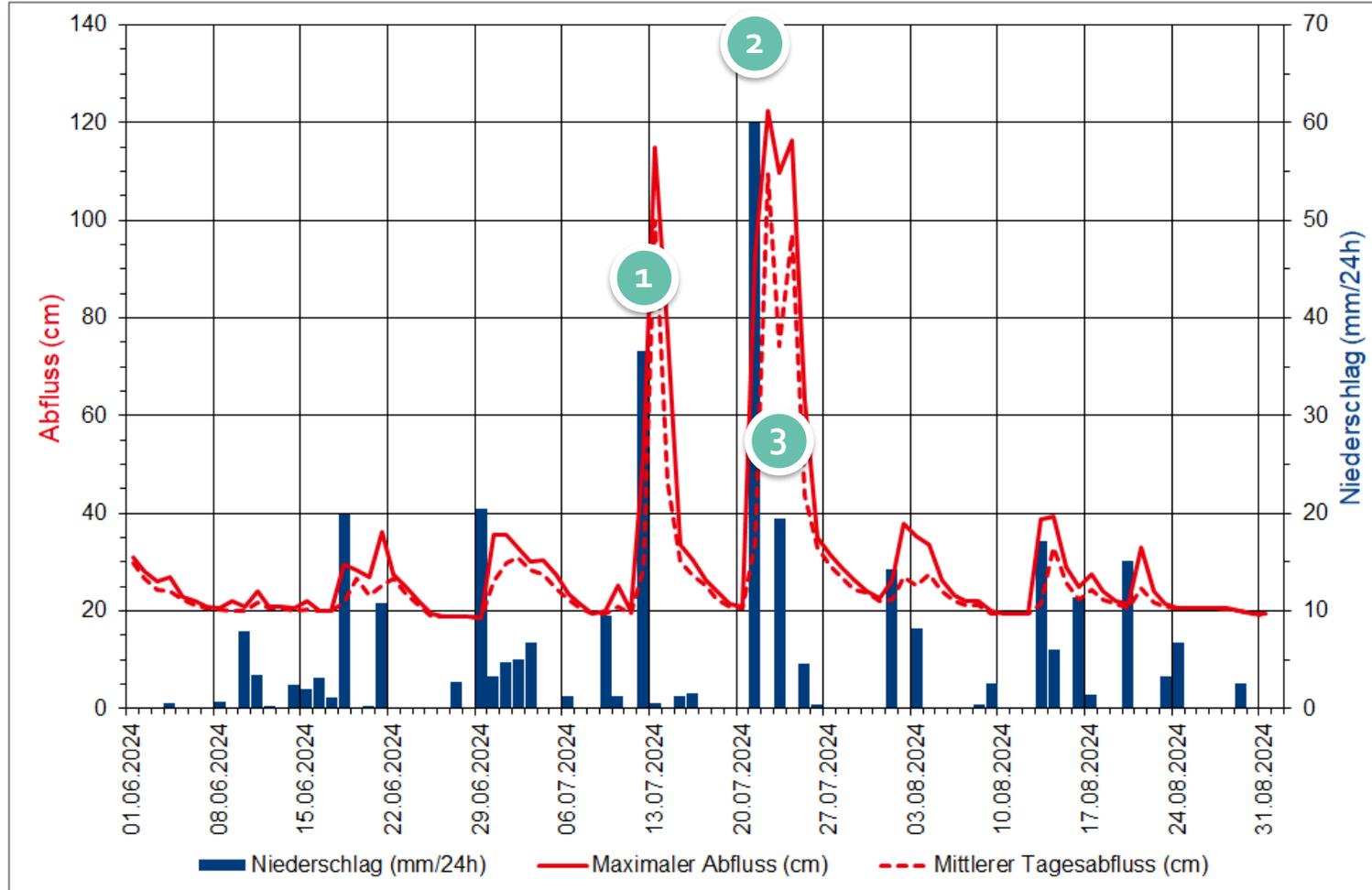
Kontinuierlicher, mittlerer Niederschlag mit bis zu 20 mm/m² in den vergangenen 90 Tagen
 → **Gebiet bleibt nass! Retention/Abfluss funktioniert!**

4. Januar 2024



Kontinuierlicher, mittlerer Niederschlag mit bis zu 20 mm/m² in den vergangenen 90 Tagen
 → **Gebiet bleibt nass! Retention/Abfluss funktioniert!**

Starkregenereignis Sommer 2024 – I

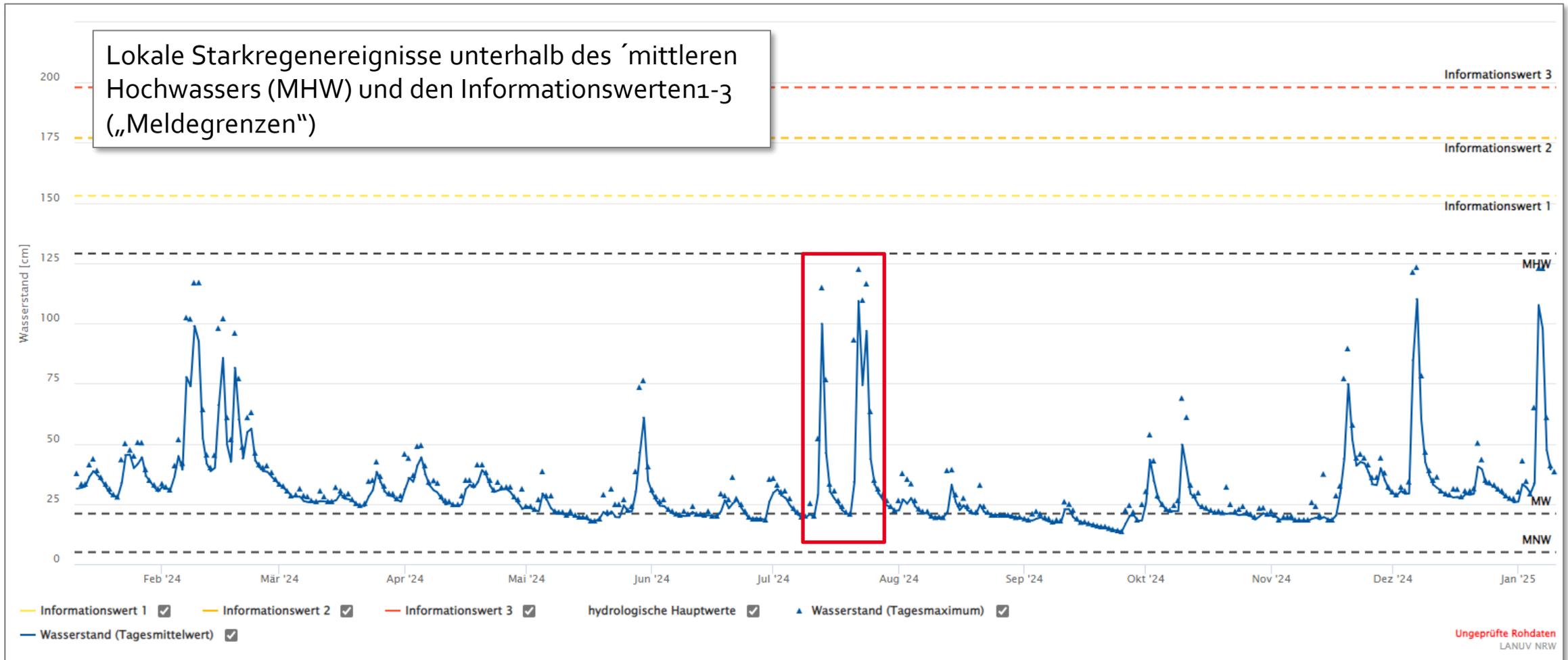


Lokale Starkregenereignisse:

1. 12. Juli 2024
36,56 mm/m²/24h
2. 21. Juli 2024
60,02 mm/m²/24h
3. 23. Juli 2024
19,48 mm/m²/24h

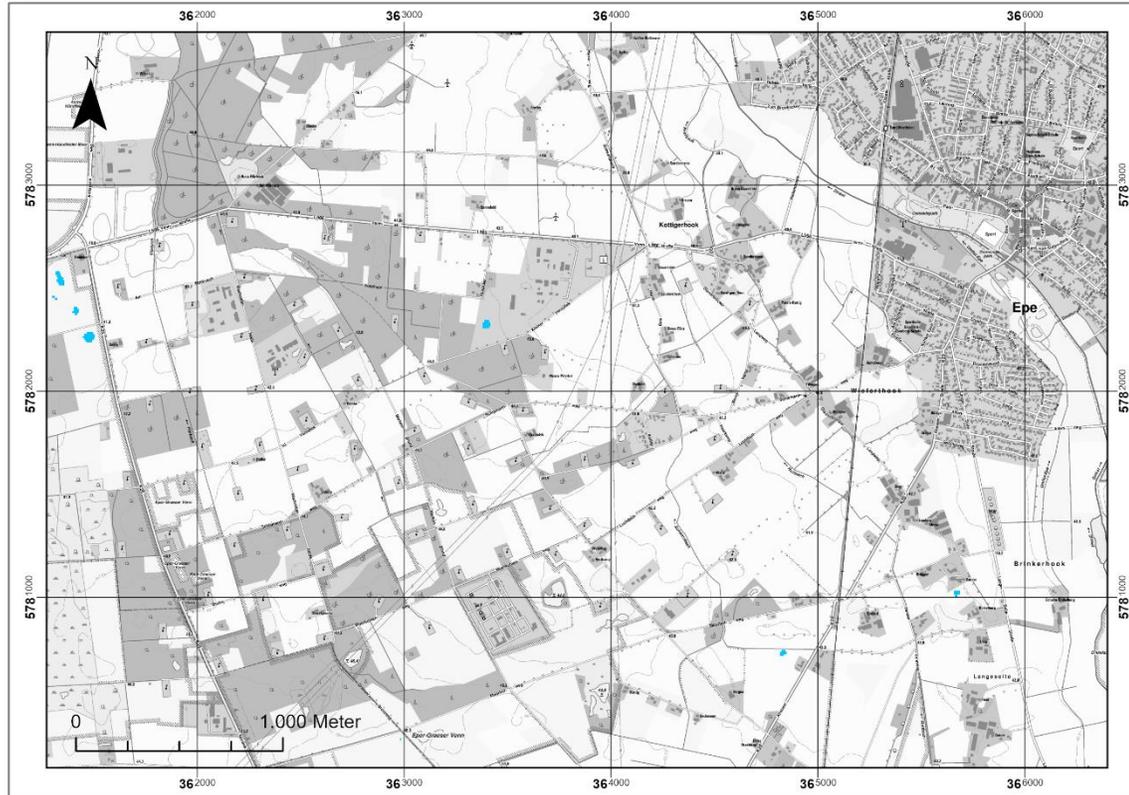
Starkregenereignis Sommer 2024 – II

Abflussmengen Dinkel



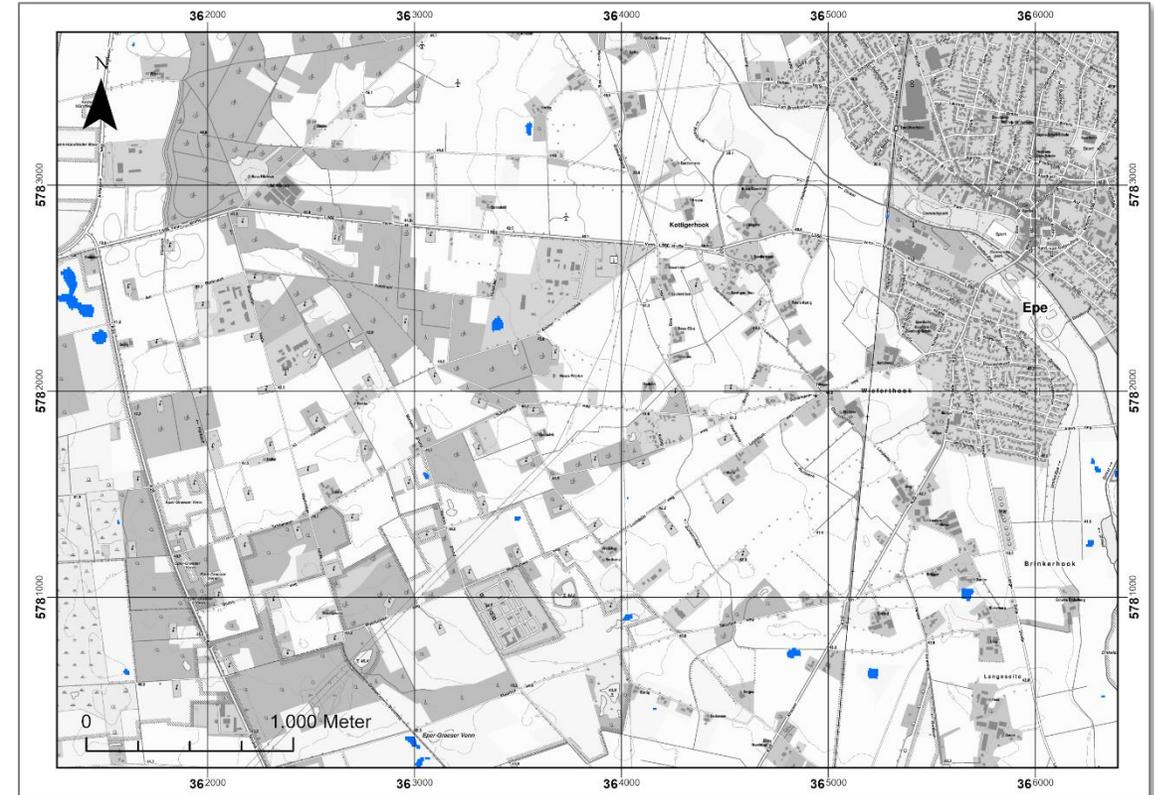
Starkregenereignis Sommer 2024 – III – Wassermasken

21. Juli 2024 – 17.17h



Starkregenereignis zeigt keine Nassstellen
 → **Gebiet trocken! Retention/Abfluss funktioniert nach dem Regen der vergangenen Wochen!**

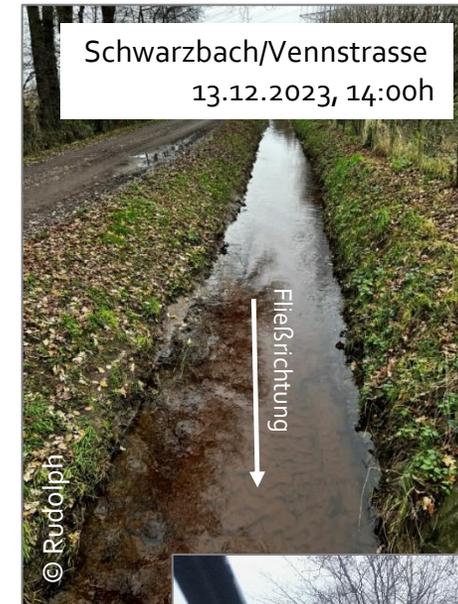
23. Juli 2024 – 5.50h



Starkregenereignis zeigt keine Nassstellen
 → **Gebiet trocken! Retention/Abfluss funktioniert nach den Starkregenereignissen!**

Zusammenfassung der Hochwassermasken

- Extrem niederschlagsarmes Jahr 2022
Extrem niederschlagsreiches Jahr 2023
Niederschlagsreiches Jahr 2024, Starkregen
 - Hohe Niederschläge in 2023 füllen den trockenen Retentionsraum
 - Nur lokale Hochwässer im Bereich der Dinkel Bäche (u.a. Flörbach)
 - Viele Staunässeflächen, Felddrainierung voll, aber zeitnaher Abfluss, Grundwasser schwankend
- Die Retention hat in den Jahren 2022, 2023 und 2024 funktioniert
 - Der Abfluss hat in den Jahren 2022, 2023 und 2024 funktioniert
 - Noch keine bergbaulich bedingten „Hochwassermulden“
 - **Zukünftig ist sind hier Maßnahmen aber notwendig!**





Monitoring Epe
Forschung und Transfer für Epe



Technische
Hochschule
Georg Agricola

T

Zusammenfassung und Ausblick

Tobias Rudolph

Zusammenfassung

- Die **Forschungskooperation** kombiniert Bergbau-Daten, lokale (Geo-)Daten, lokales Wissen mit modernen Ergebnisse der Radar-Satellitenfernerkundung **zu den Bewegungen der Tagesoberfläche und zu Fragen des Hochwassers im Kommunalgebiet Gronau**
- **Radar-Satellitenfernerkundung** ermöglicht eine **flächige und zeitlich hochauflösenden Überwachung (Bodenbewegungen und Hochwasser)**
- **Ausblick:**
 - Weiterhin ein **hochauflösendes, kontinuierliches Überwachungswerkzeug** für die zukünftige Überwachung des Untergrundes (u.a. Analysen zu Hochwasserrisiken, Grundwassergewinnung, Baugrunduntersuchung) notwendig!
 - Die **Beteiligung durch Kommunikation und Transparenz (Vertrauensbildung)!**
 - **Zukünftig Maßnahmen zum Umgang mit (Hoch-)Wasser notwendig (u.a. Baumaßnahmen, Sensorik; Niederschlag-Abfluss-Modelle)!**





Technische
Hochschule
Georg Agricola

Melden Sie uns Ihre Beobachtungen: Umweltkumpel-Website:

umweltkumpel.thga.de

https://umweltkumpel.thga.de

Umweltkumpel
Citizen-Science-Projekt zu Geodaten

Ruhregebiet
Diskutier mit ...
Das Ruhrgebiet in Nordrhein-Westfalen ist durch über 700 Jahre Bergbau geprägt. Unter dem Ruhrgebiet liegen die größten ...

Das Forum
Wir möchten wissen, was euch beschäftigt, was euch Sorgen macht und wo wir euch vielleicht mit Antworten aus der Forschung zur Seite stehen können!

[Zu den Foren](#)

Herzlich willkommen!
Wie schön, dass du auf unserer Seite gelandet bist und uns bei unserem Citizen Science Projekt „Umweltkumpel“ unterstützen möchtest!
Wir freuen uns auf deine Bilder, Daten, Fragen und Impulse. Viel Spaß bei uns!

20:29

Umweltkumpel

Das Forum
Wir möchten wissen, was euch beschäftigt, was euch Sorgen macht und wo wir

umweltkumpel.thga.de

umweltkumpel.thga.de



Technische
Hochschule
Georg Agricola

T

**Herzlichen Dank für die
gute Zusammenarbeit
und das Interesse! 😊**

