

Ergebnisse aus dem FloodRisk - Projekt zur induzierten Seismizität in Relation zum Grubenwasseranstieg im Bereich der Wasserprovinz Haus Aden

Martina Rische ¹, Thomas Niederhuber ², Birgit Müller ², Kasper Fischer ¹

¹ Ruhr University Bochum, Germany;

² Karlsruhe Institute of Technology, Germany

RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM

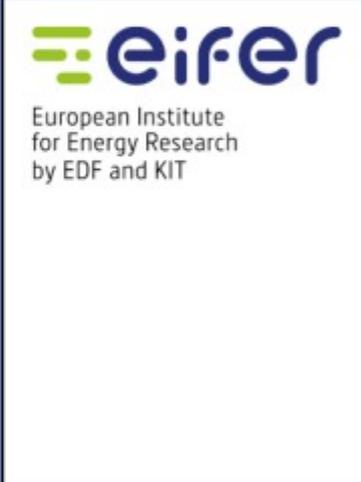
RUB

The logo for the Karlsruhe Institute of Technology (KIT), consisting of a green fan-like graphic to the left of the letters "KIT" in a bold, black sans-serif font. Below the logo, the text "Karlsruher Institut für Technologie" is written in a smaller font.

KIT
Karlsruher Institut für Technologie

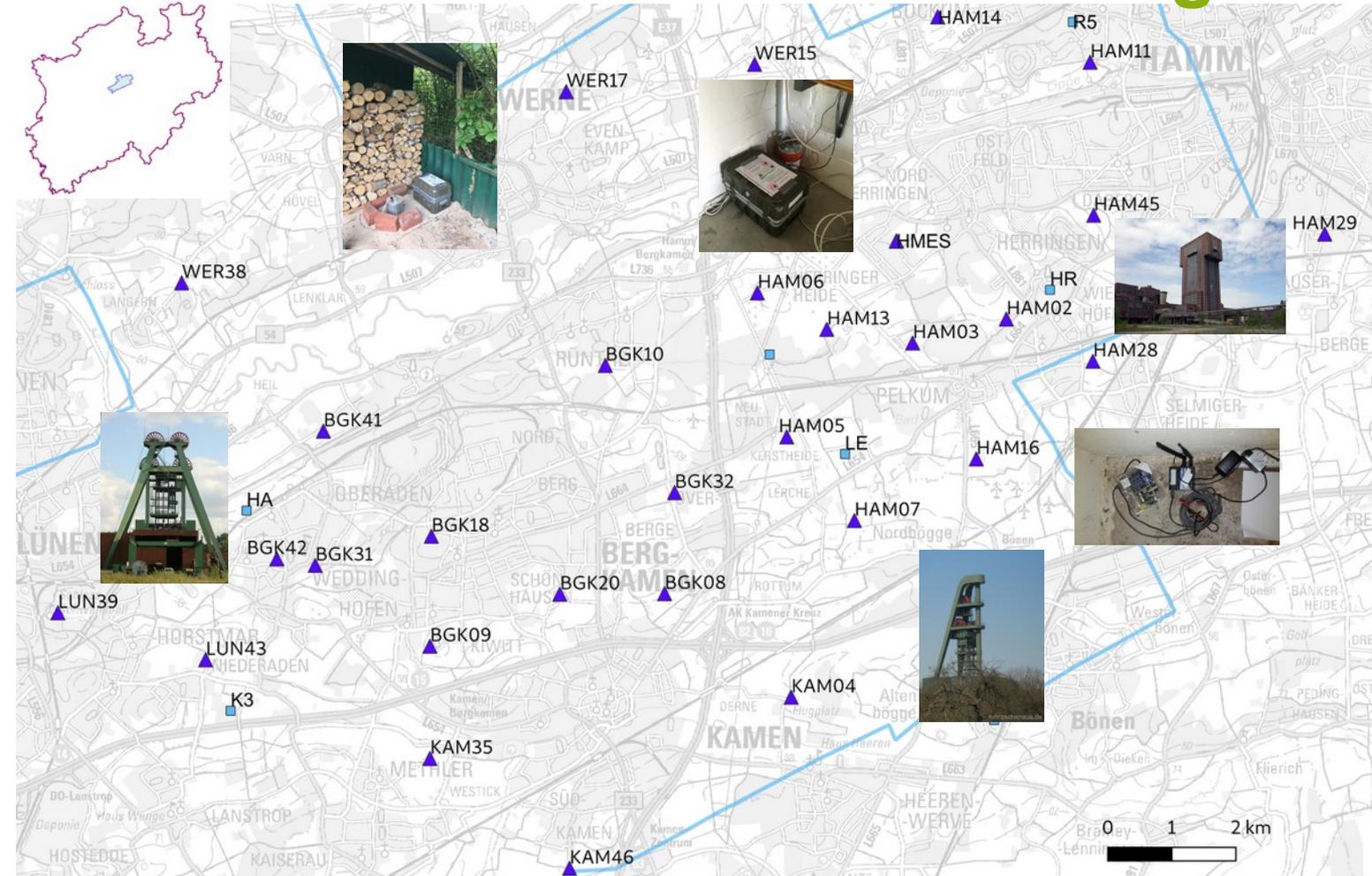
Projekträger  Bundesministerium für Bildung und Forschung
Laufzeit 2/2020 - 5/2023

Projektleitung 

Geologie und Geomechanik			Geodäsie	Seismologie	Bodengase
					
					

Interdisziplinäre Verknüpfung

Seism. Messnetz östliches Ruhrgebiet



Region des ehemaligen "Bergwerk Ost"

▲ Lokales Netz mit bis zu 32 kurzperiodischen Seismometern

■ Grubenwassermonitoring der RAG

Wasserprovinz Haus Aden

Fotos Fördertürme : <http://www.ruhrzechenaus.de>

Seism. Messnetz östliches Ruhrgebiet

Region des ehemaligen
"Bergwerk Ost"

▲ Lokales Netz mit
bis zu 32
kurzperiodischen
Seismometern

■ Grubenwasser-
monitoring der RAG

Wasserprovinz
Haus Aden

Fotos Fördertürme :
<http://www.ruhrzecheaus.de>



Seism. Messnetz östliches Ruhrgebiet



Region des ehemaligen
"Bergwerk Ost"

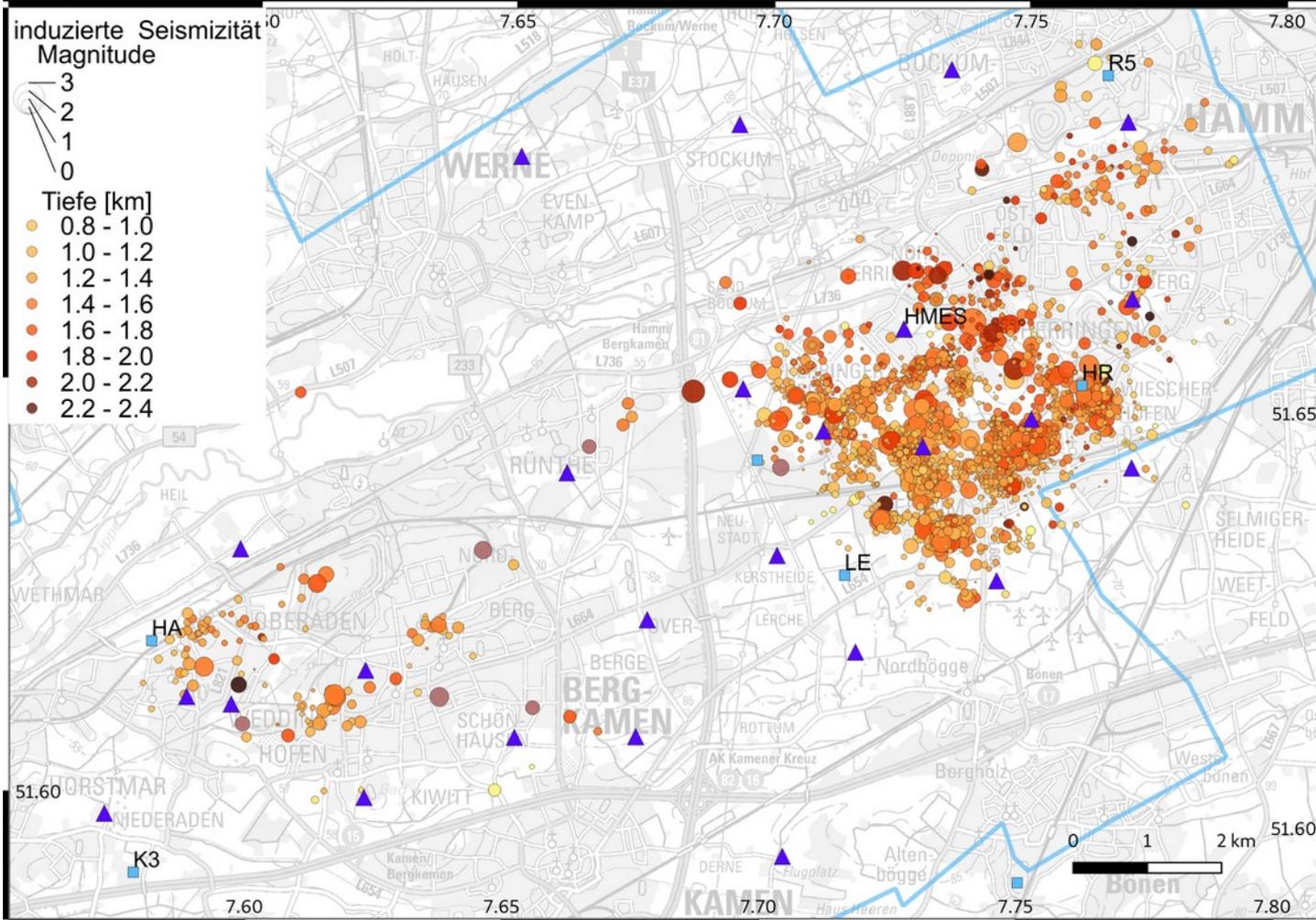
▲ Lokales Netz mit
bis zu 32
kurzperiodischen
Seismometern

■ Grubenwasser-
monitoring der RAG

Wasserprovinz
Haus Aden

Fotos Fördertürme :
<http://www.ruhrzechenaus.de>

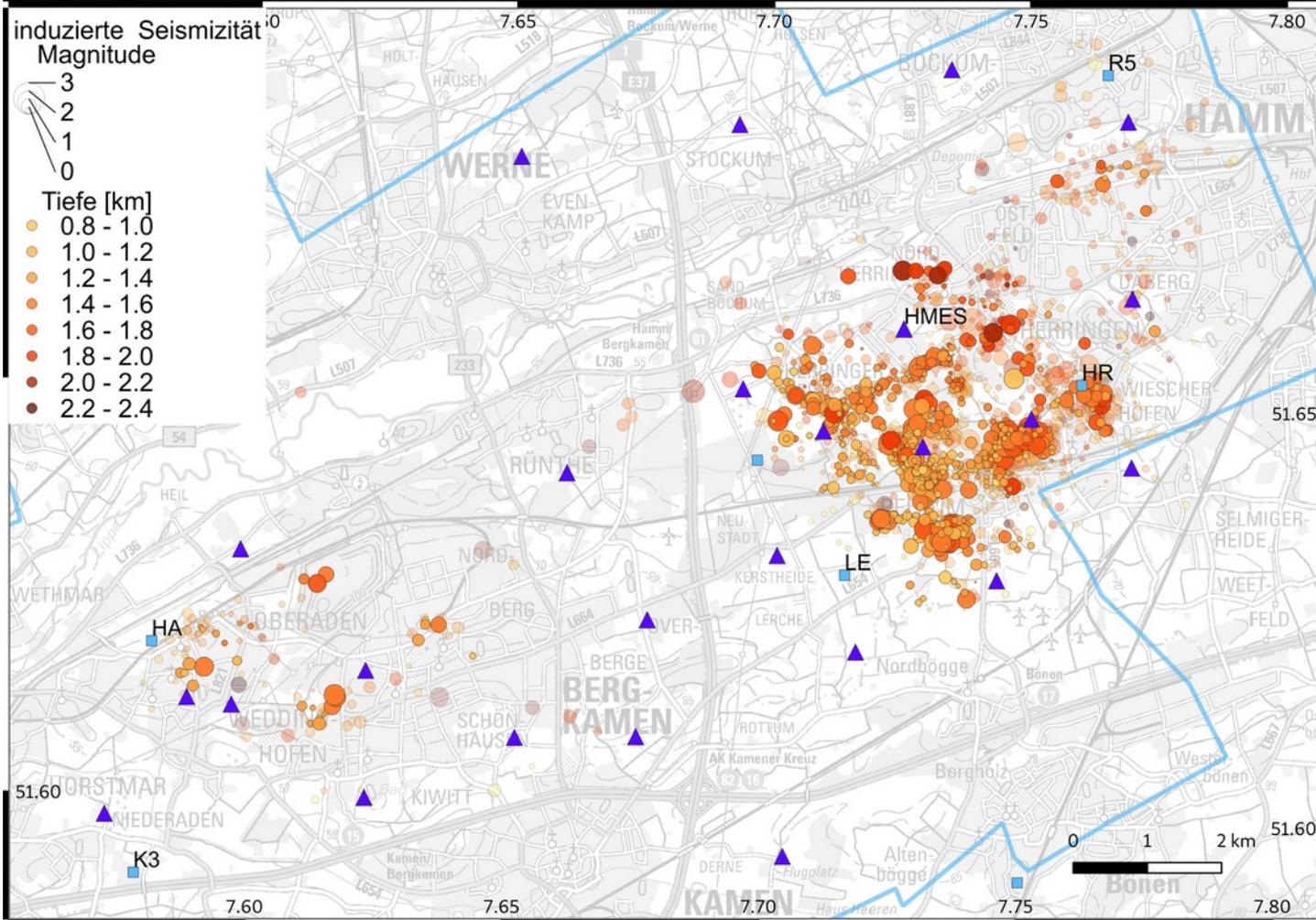
Seismizität



2372 induzierte Beben im Zeitraum 01/2019 – 08/2023

> 95% im östlichen Teil

Seismizität



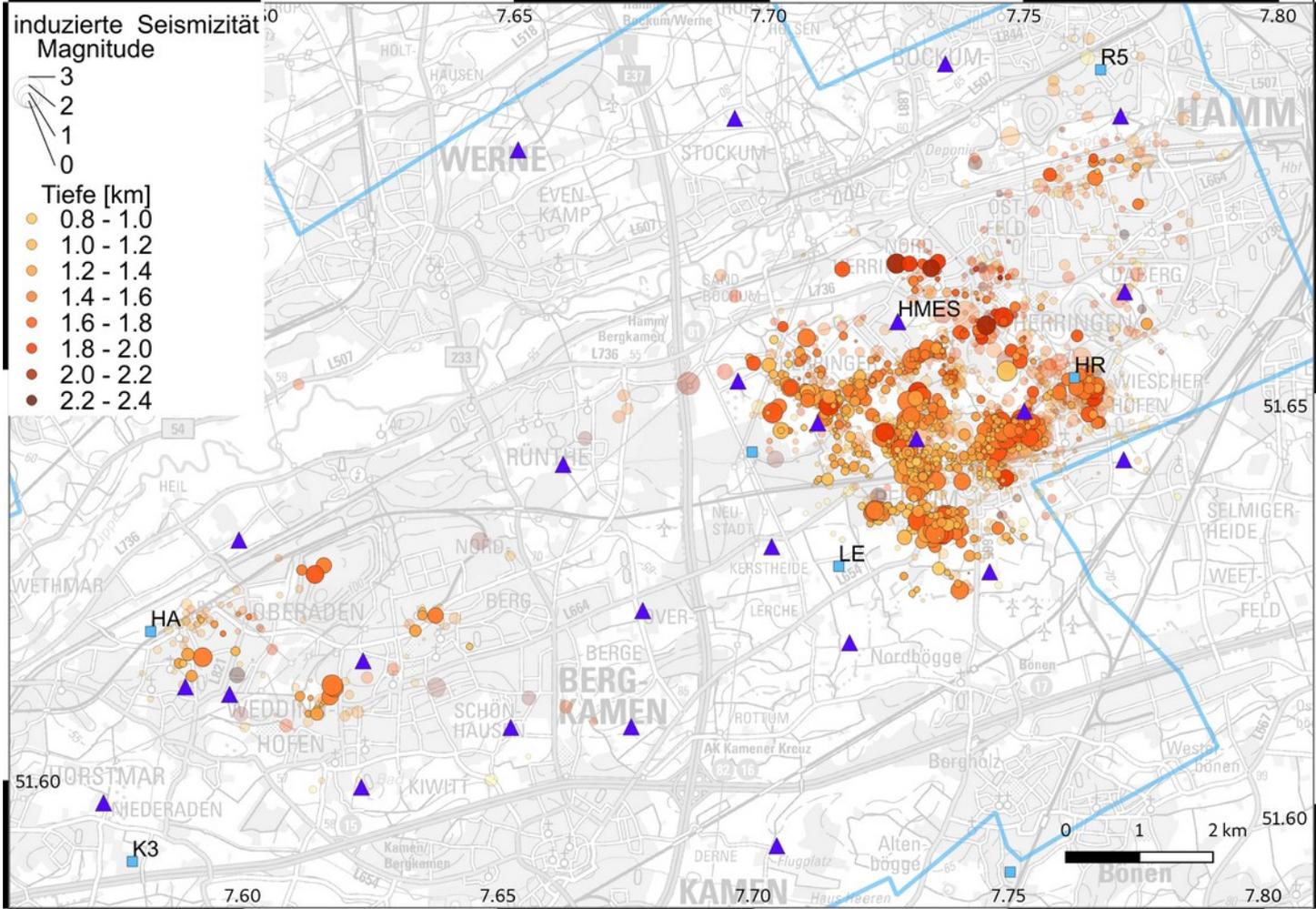
2372 induzierte Beben im Zeitraum 01/2019 – 08/2023

> 95% im östlichen Teil

Magnituden -0.8 – 2.6 M_L

932 mit Lokalisierungsfehlern <600m

Seismizität



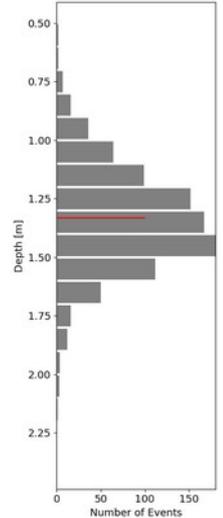
2372 induzierte Beben im Zeitraum 01/2019 – 08/2023

> 95% im östlichen Teil

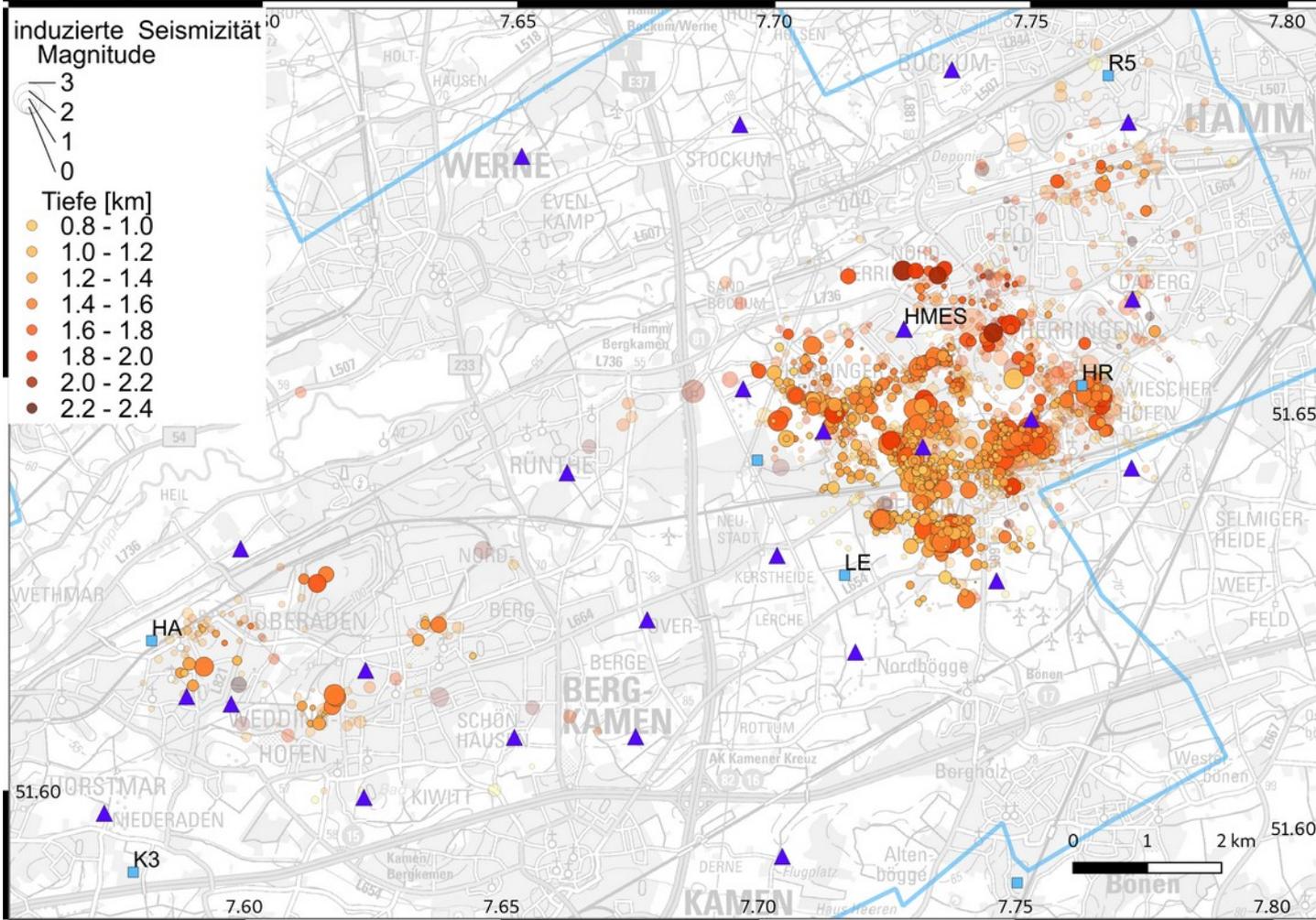
Magnituden -0.8 – 2.6 M_L

932 mit Lokalisierungsfehlern <600m

1.2-1.5 km



Seismizität



2372 induzierte Beben im Zeitraum 01/2019 – 08/2023

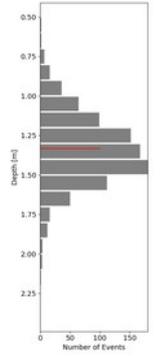
> 95% im östlichen Teil

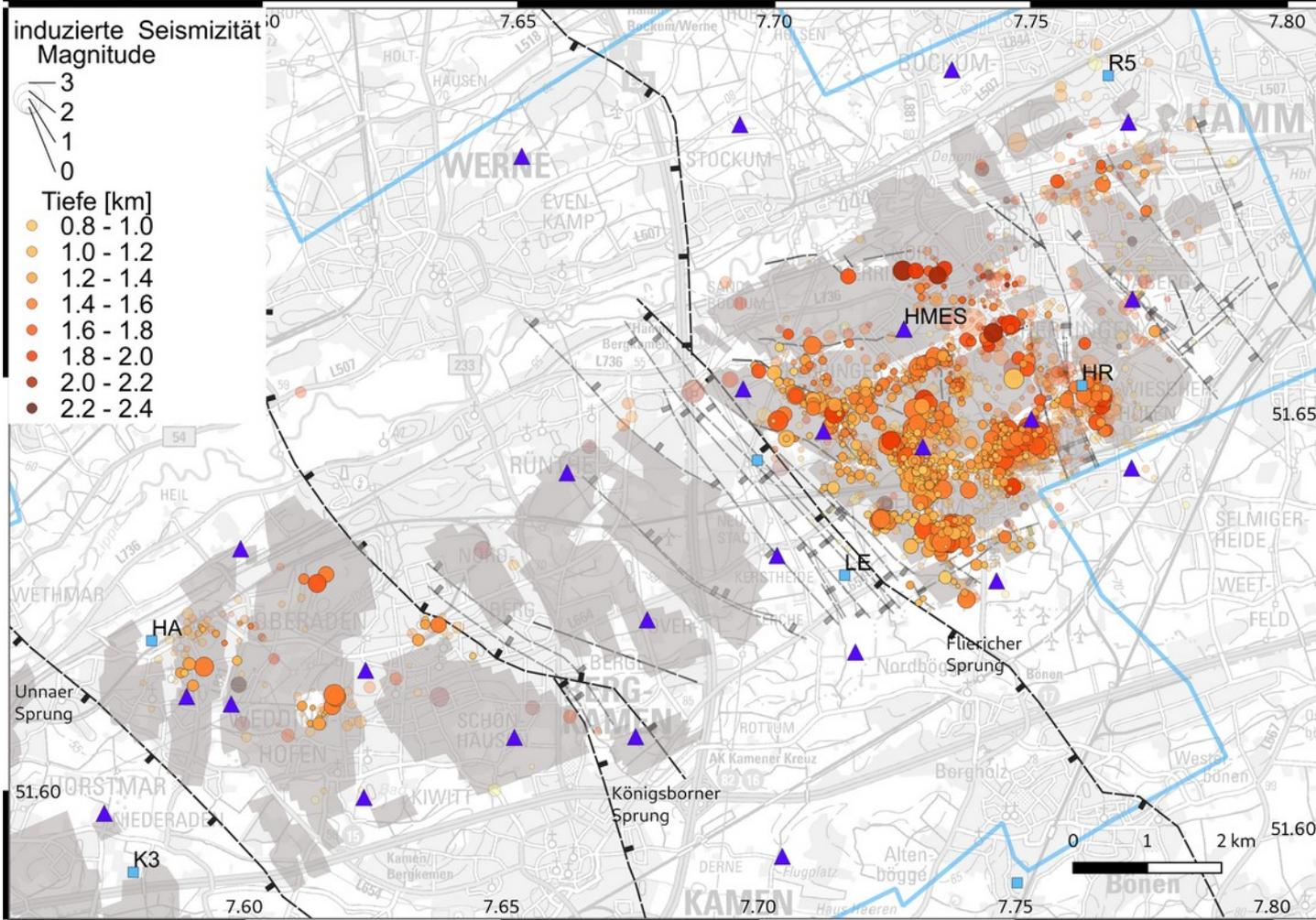
Magnituden -0.8 – 2.6 M_L

932 mit Lokalisierungsfehlern <600m

Tiefenmaximum 1.2-1.5 km

Wie können die beobachteten Strukturen in der Seismizitätsverteilung erklärt werden?





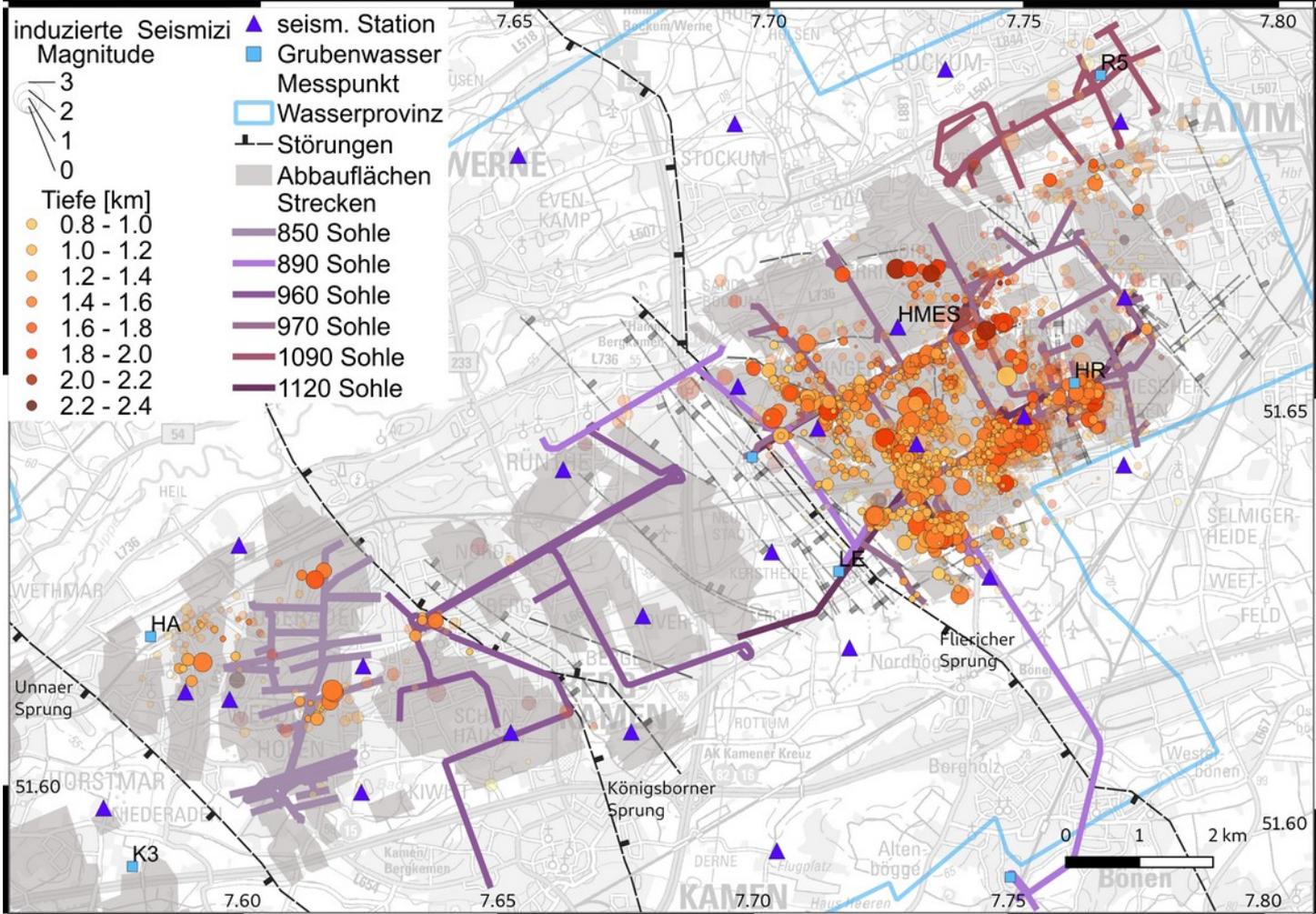
Störungen

Abbaugelände (1)

Teufen von ~ 600m -1400m

(1) RAG BID (2023).

Seismizität



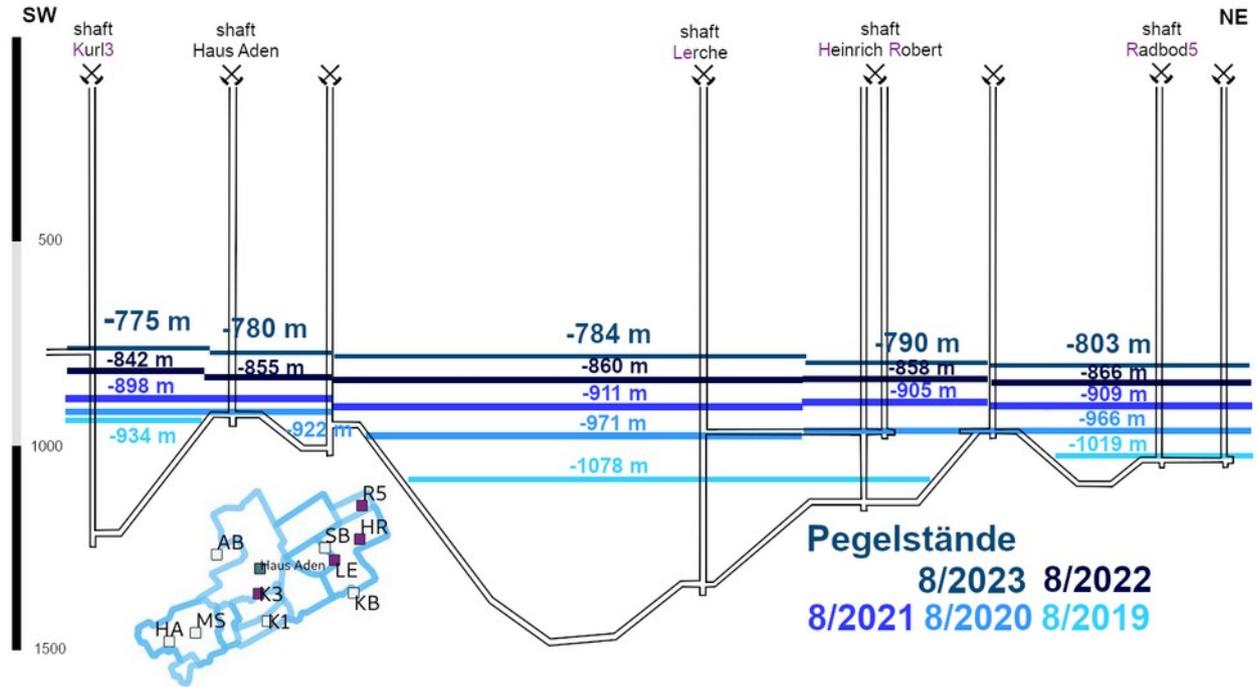
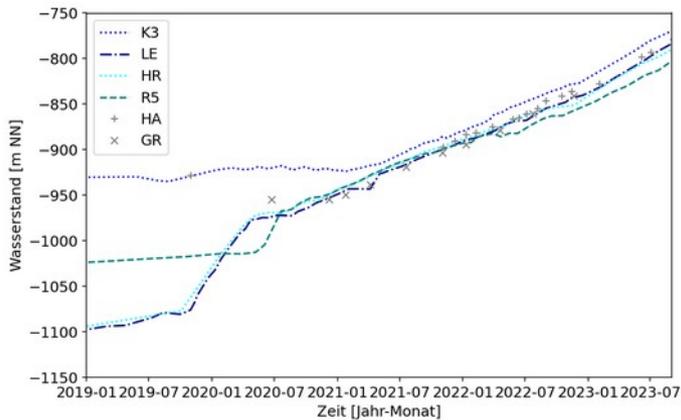
Störungen

Abbauggebiete

System von tiefen **Sohlen** und **Strecken** welche die Hauptwasserwegsamkeiten sind

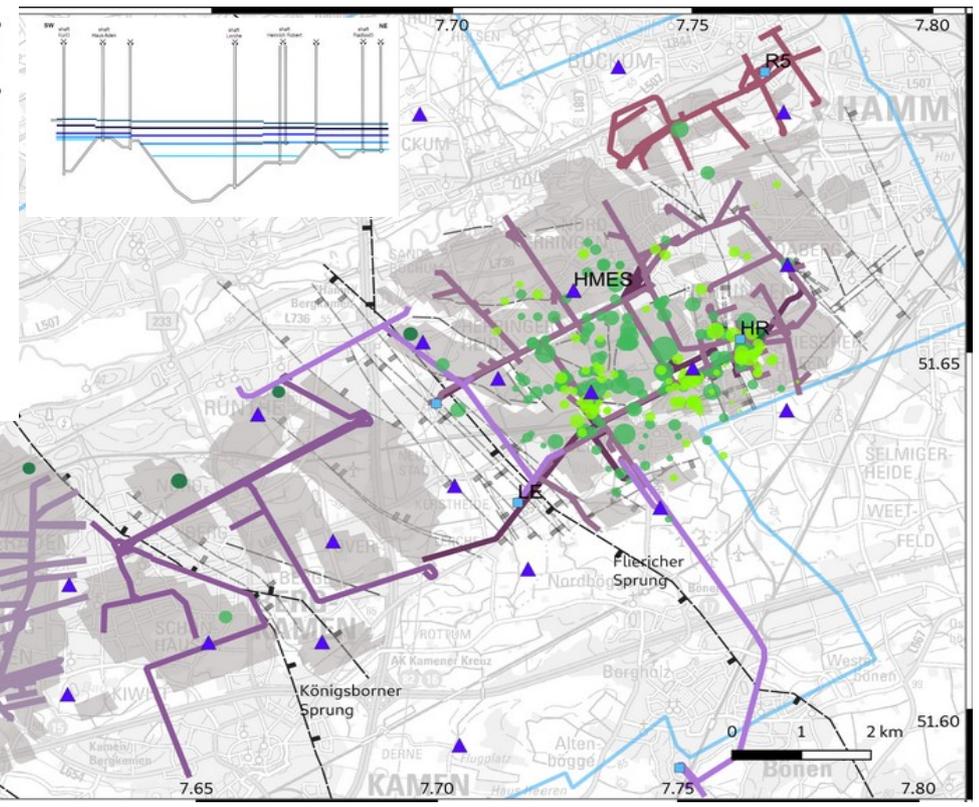
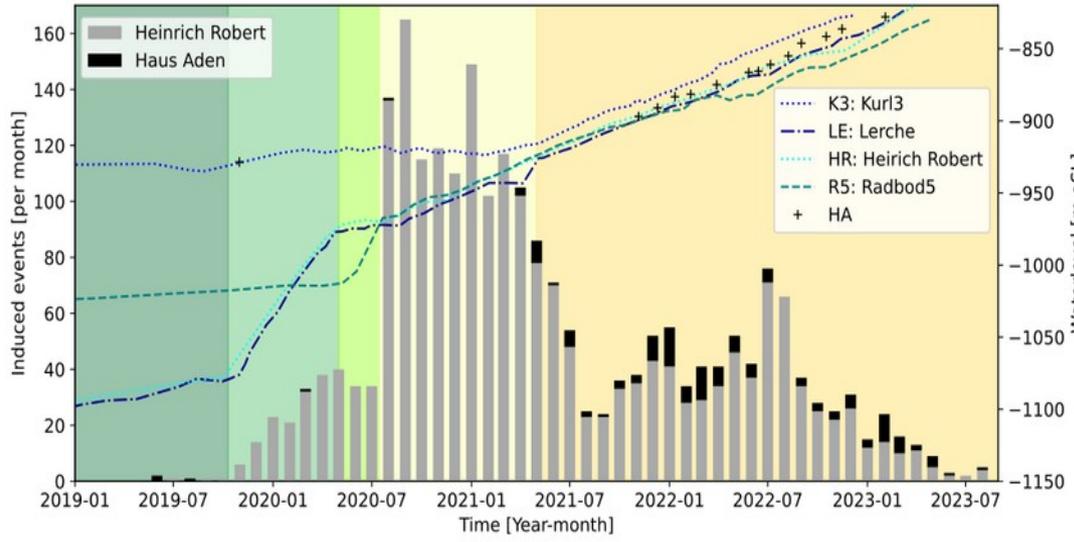
Grubenwasseranstieg

Schematische Darstellung ⁽²⁾
des ehemaligen "Bergwerk
Ost" mit
Grubenwasserständen ⁽¹⁾
2019-2023



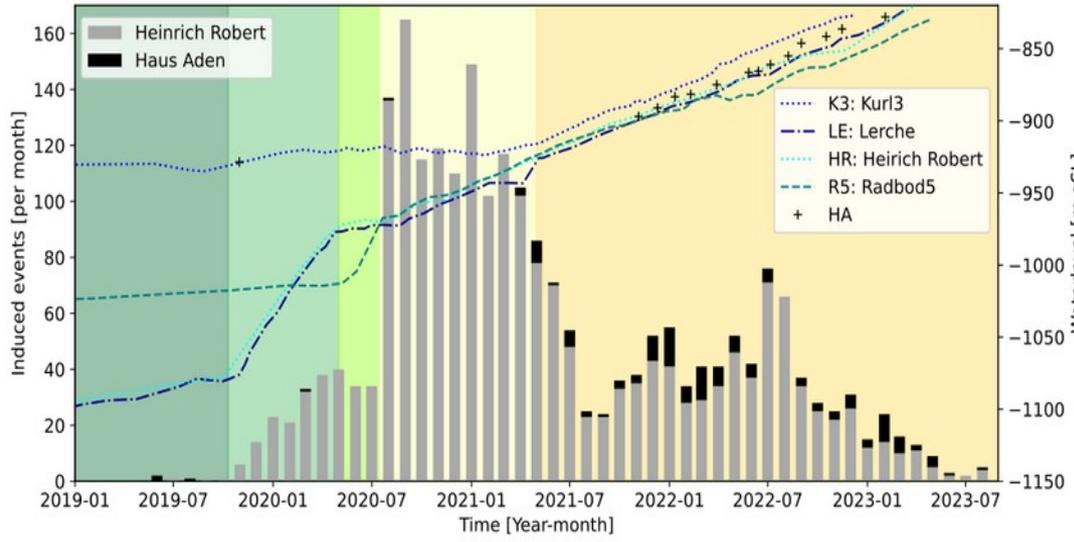
(2) Maibaum, F., RAG (2012). (1) RAG BID (2023).

Grubenwasser und Seismizität

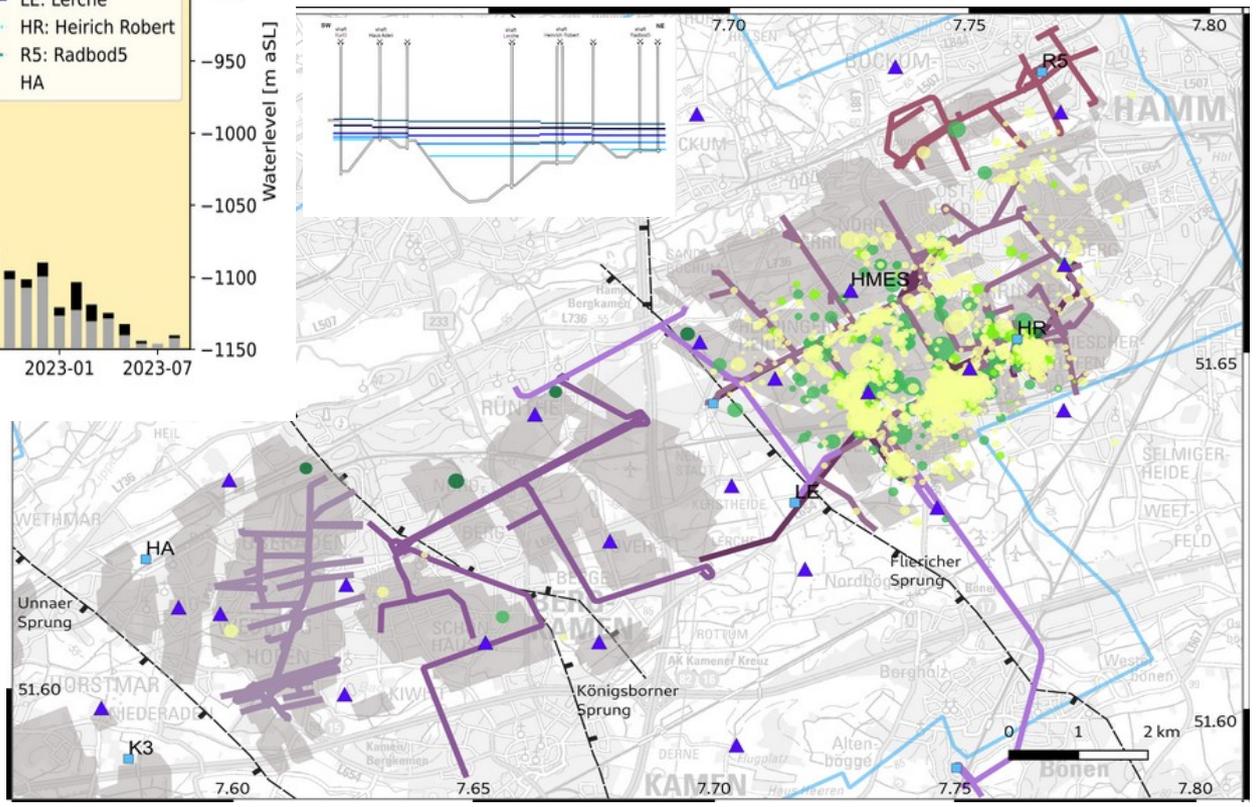


- Vor und kurz nach dem Abstellen der Pumpen
- Schneller paralleler Anstieg des Grubenwasserlevels an HR und LE mit den größten Ereignissen M_L 2.6 und 2.0
- Starker Anstieg an R5

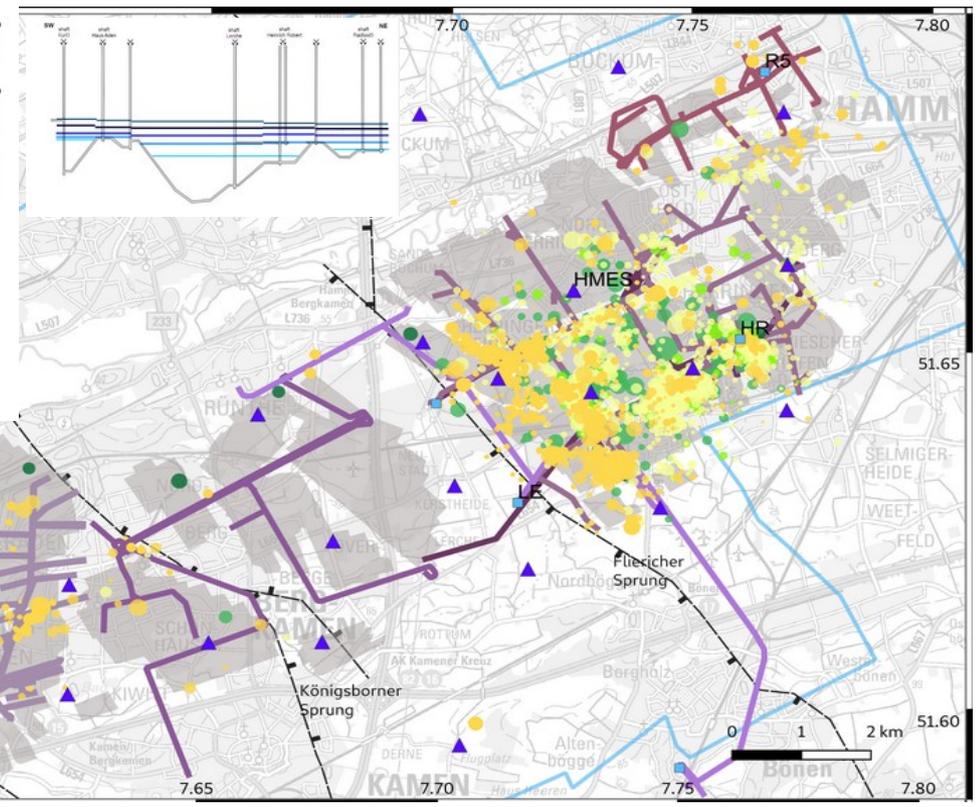
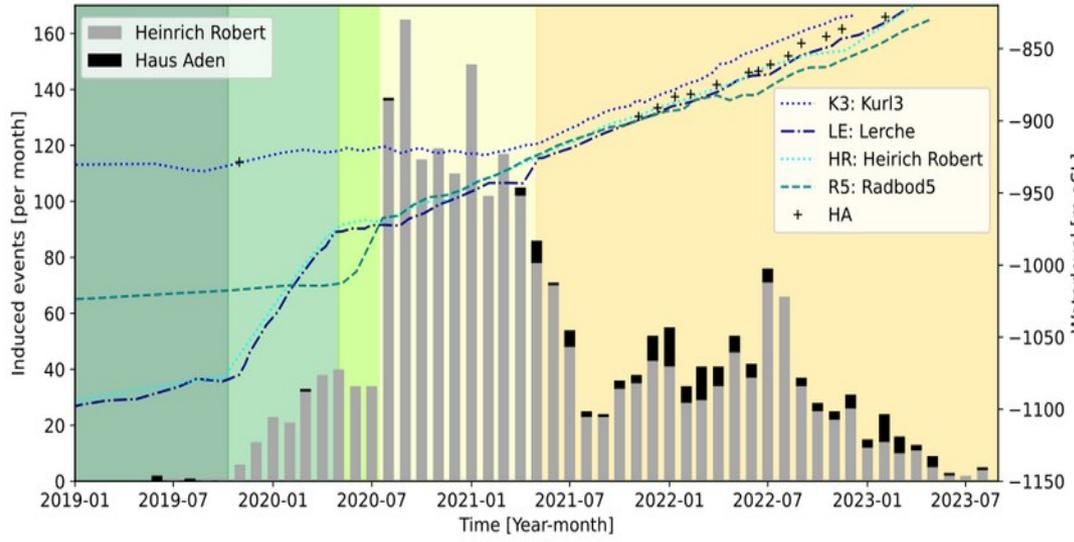
Grubenwasser und Seismizität



Moderater simultaner Anstieg an den Messstellen LE, HR und R5
hohe Seismizität im Flutungsbereich

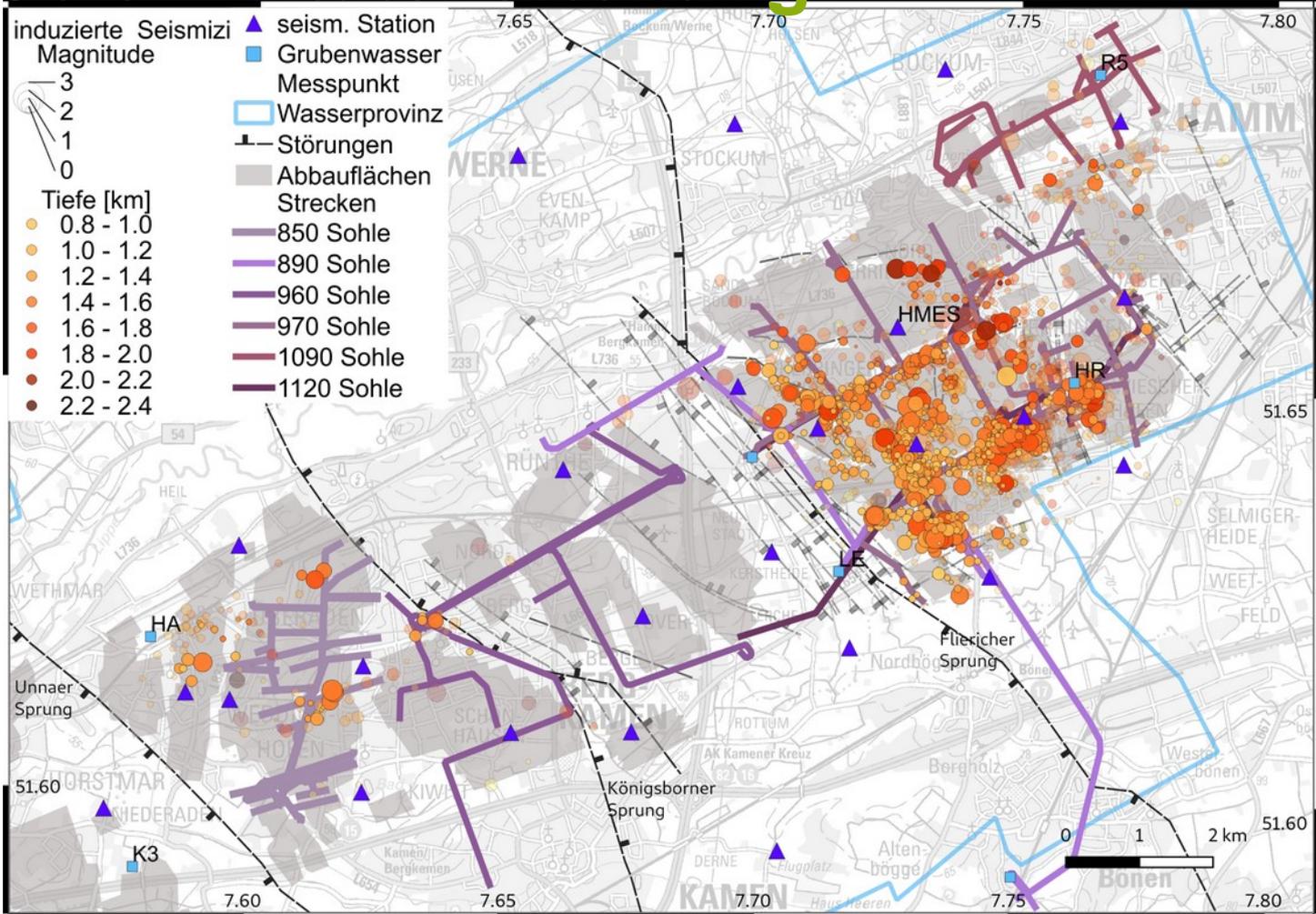


Grubenwasser und Seismizität

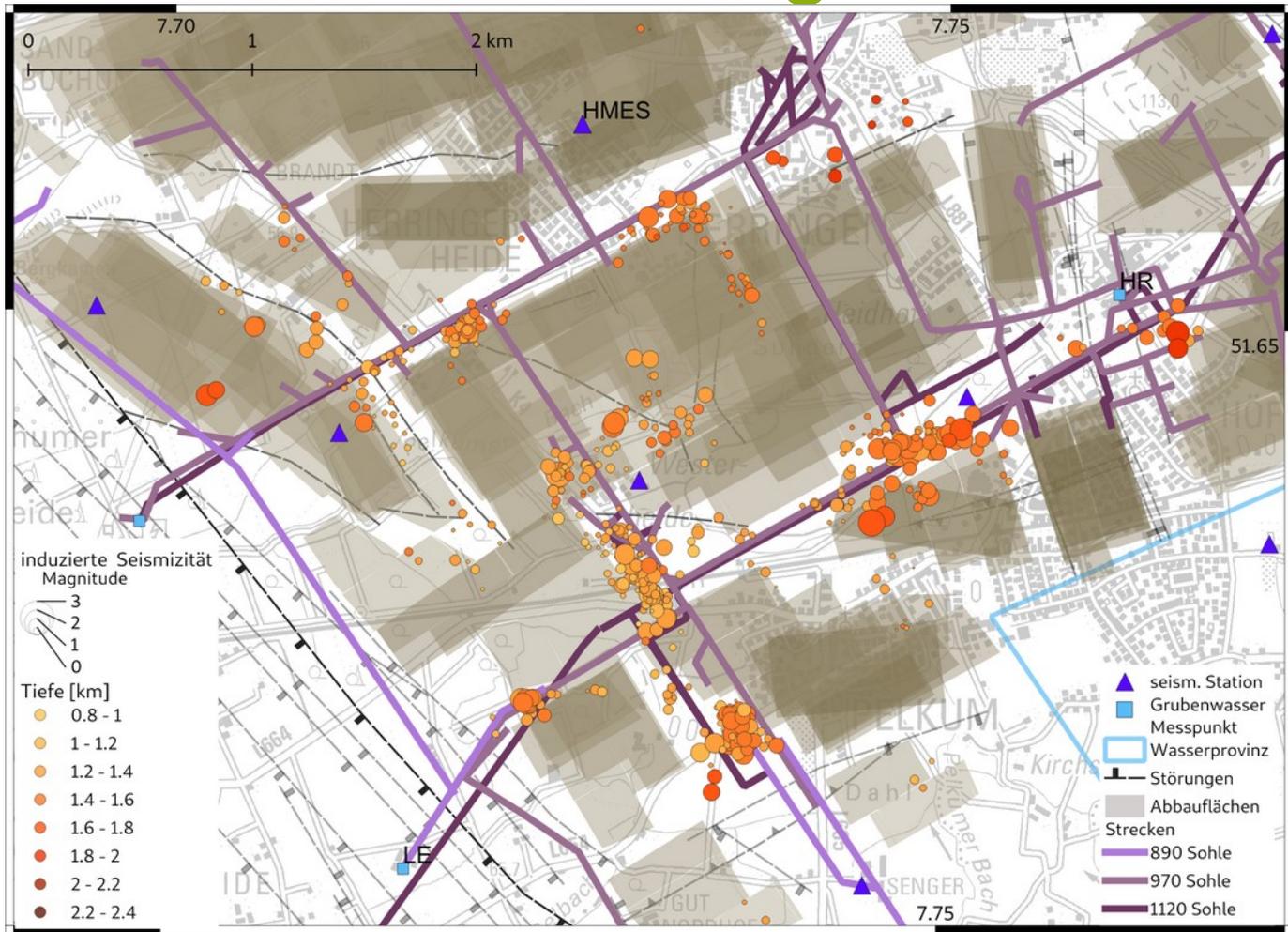


- Gleichbleibender Anstieg des Grubenwasserlevels an LE, HR und R5, beginnender Pegelanstieg bei K3
- Seismizität konzentriert auf Cluster am westlichen Rand des aktiven Gebietes
- Beginnende geringere Seismizität im Bereich Bergkamen

Seismizitätsverteilung

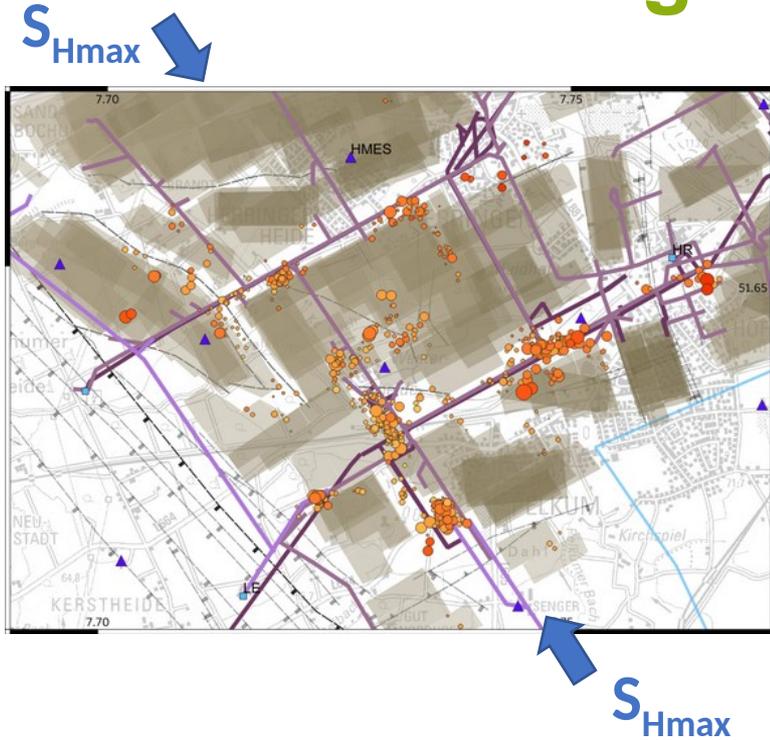


Seismizitätsverteilung Heinrich Robert



Verbesserung der Lokalisierungsgenauigkeit (< 100m) durch Relativlokalisierung lässt Strukturen in der Seismizitätsverteilung noch besser hervortreten

Interpretation der Seismizitätsverteilung durch Modellierung des Spannungsfeldes



Erstellung eines generischen Grubenmodells

- 1: Rotation in Richtung der Hauptnormalspannung

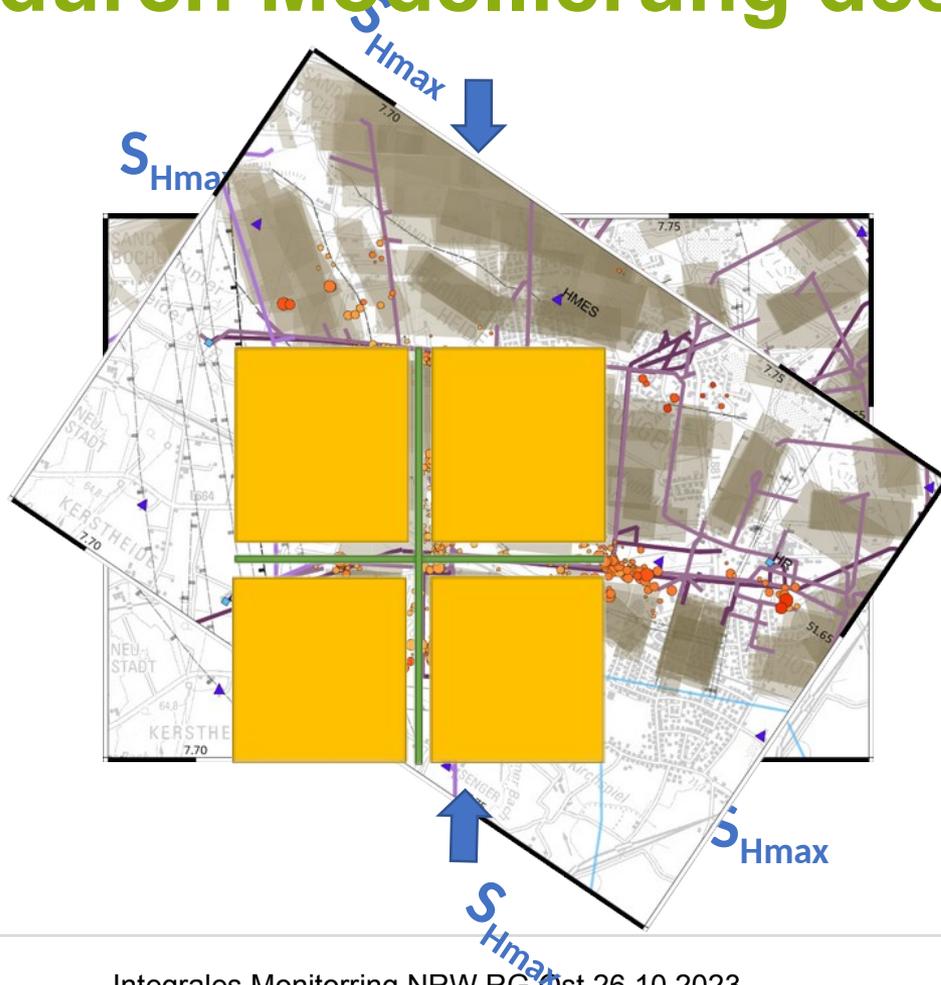
Interpretation der Seismizitätsverteilung durch Modellierung des Spannungsfeldes



Erstellung eines generischen Grubenmodells

- 1: Rotation in Richtung der Hauptnormalspannung

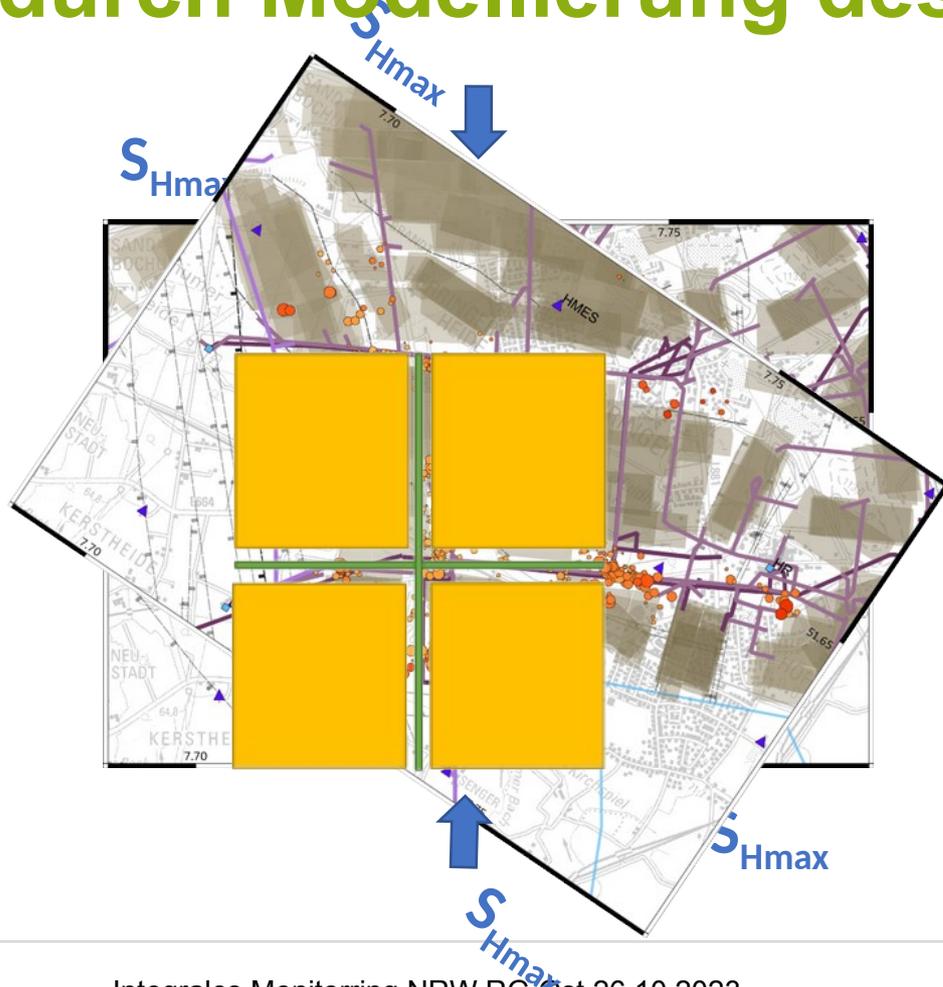
Interpretation der Seismizitätsverteilung durch Modellierung des Spannungsfeldes



Erstellung eines generischen Grubenmodells

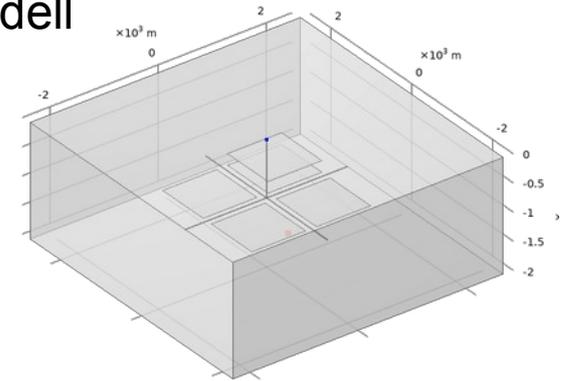
- 1: Rotation in Richtung der Hauptnormalspannung
- 2: Vereinfachung der Abbauflächen, Schächte und Strecken

Interpretation der Seismizitätsverteilung durch Modellierung des Spannungsfeldes



Erstellung eines generischen Grubenmodells

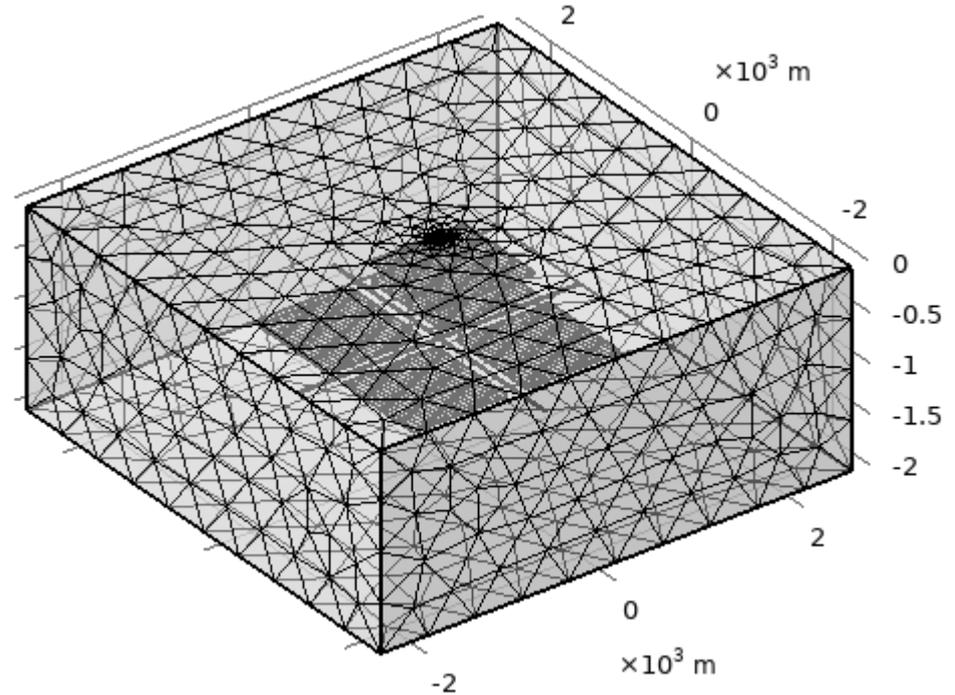
- 1: Rotation in Richtung der Hauptnormalspannung
- 2: Vereinfachung der Abbauflächen, Schächte und Strecken
- 3: 3D Modell



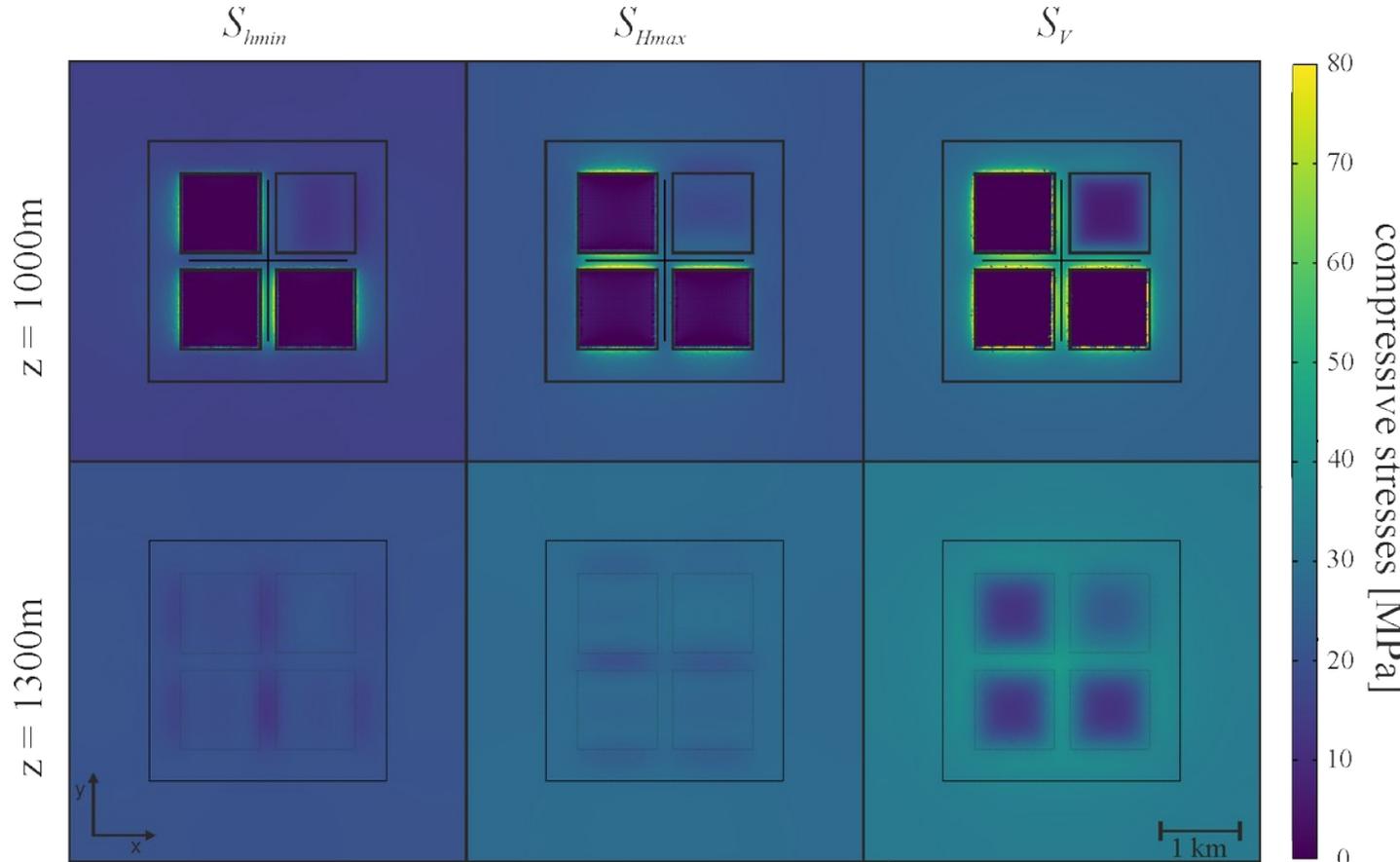
Interpretation der Seismizitätsverteilung durch Modellierung des Spannungsfeldes

Generisches Grubenmodell

- Vertikale Schächte und NS-WE orientierte horizontale Strecken
- 3 Abbauflächen -1000 m
- 1 Abbaufläche -750 m
- Reibungskoeffizient = 0.67
- Regionales Spannungsfeld
- Abbauhöhe = 3 m
- Wasserlevel -860 m



Interpretation der Seismizitätsverteilung durch Modellierung des Spannungsfeldes



Spannungen in 1000 m Tiefe (Abbauhorizont) und 1300 m

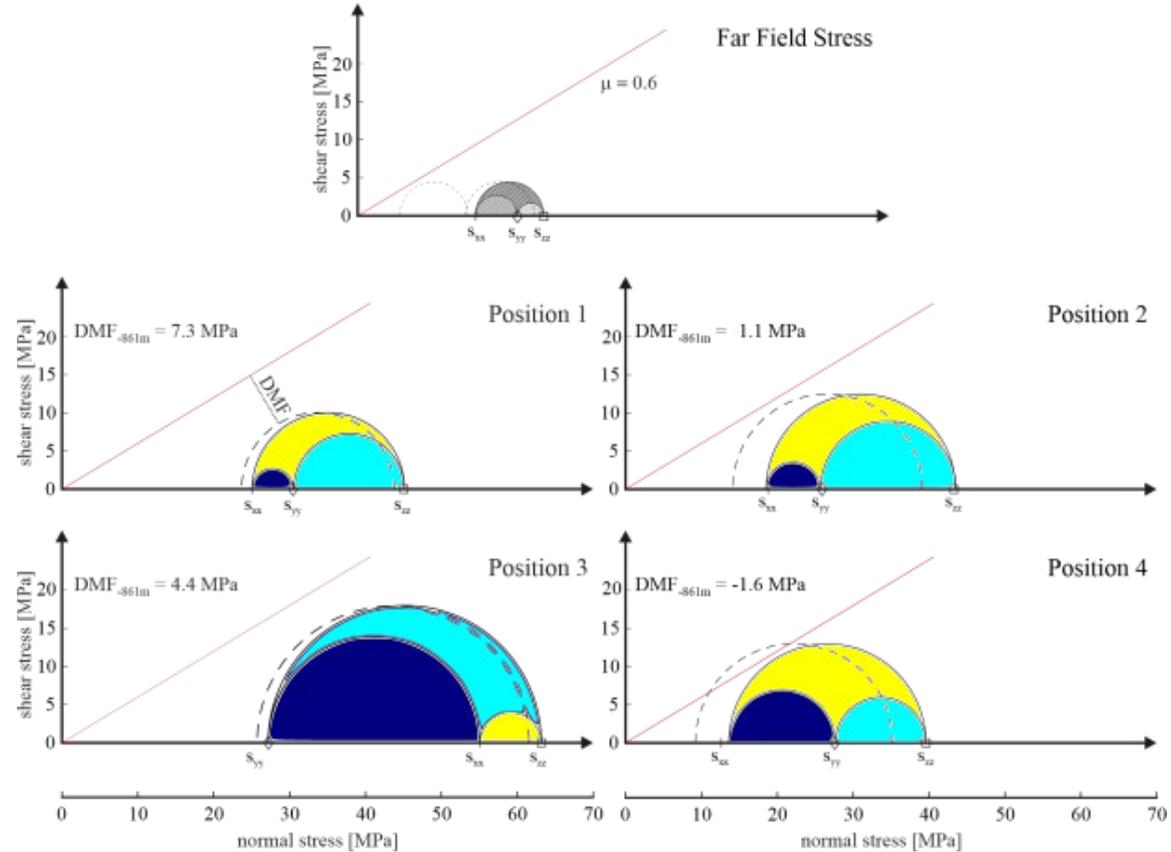
- In den Abbauf lächen ist der Stress nahe Null.
- Spannungskonzentration an den Rändern der Abbauf lächen
- SV Spannungskonzentration in den Pfeilern um die Abbauf lächen und unterhalb dieser.
- Spannungsumverteilung - "Stress-arching"

Interpretation der Seismizitätsverteilung durch Modellierung des Spannungsfeldes

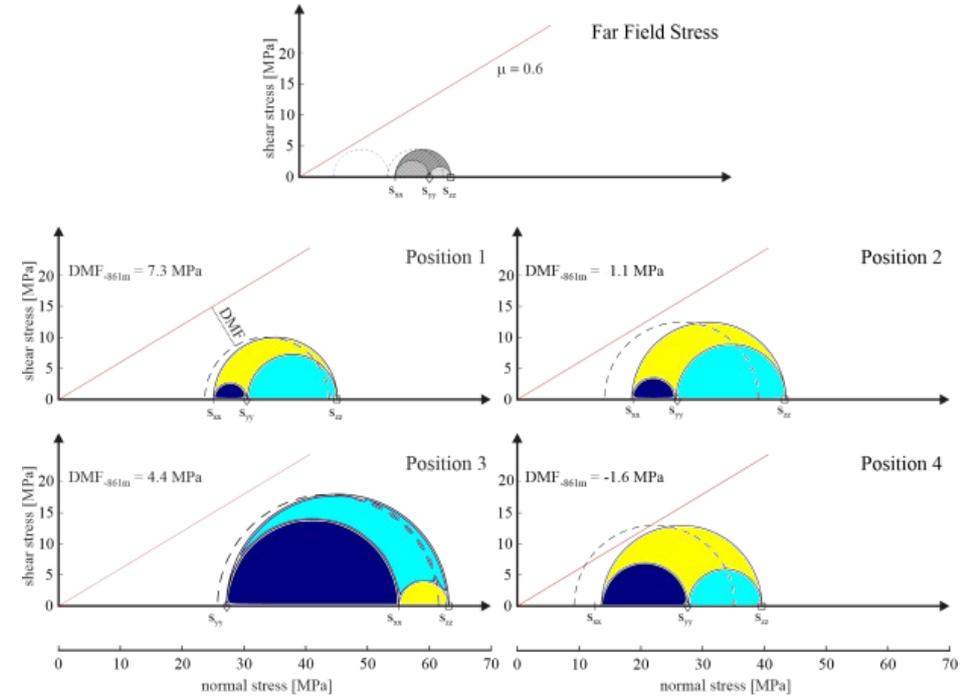
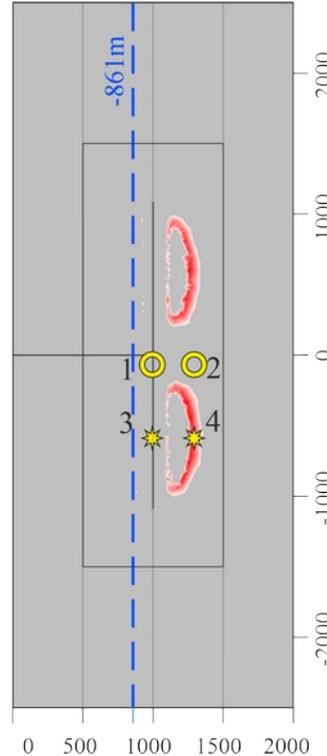
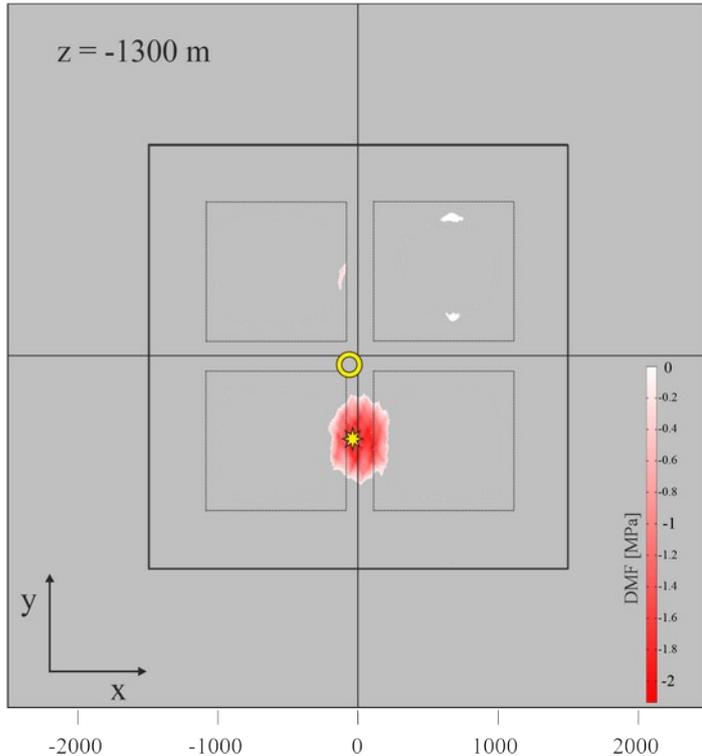
Spannungen im Mohr-Kreis

Je größer der Unterschied zwischen den Hauptspannungen desto, größer der Mohr-Kreis.

Schneidet der Mohr-Kreis die Bruchgerade, kann es zum Versagen im Gestein bzw. zur Reaktivierung vorhandener Störungen kommen.



Interpretation der Seismizitätsverteilung durch Modellierung des Spannungsfeldes



- Durch das flächendeckende Messnetz war eine gute seismologische Überwachung der Region möglich
- Die beobachtete Mikroseismizität liegt größtenteils unterhalb der Wahrnehmungsschwelle
- Maximum der Seismizität Mitte 2020 – hydraulischer Zusammenschluss des Flutungsgebietes
- Anzahl der detektierten Ereignisse ab Mitte 2022 stark rückläufig
- Genaue Lokalisierungen ermöglichen die Korrelation der Seismizitätsverteilung mit bekannten Strukturen
- In Bereichen die in der Spannungsmodellierung eine hohe Versagenswahrscheinlichkeit zeigen, wurden besonders viele Mikroseismische Ereignisse lokalisiert
- Modellierungen deuten an, dass nur wenige neue “Versagensbereiche” hinzukommen, wenn der Wasserspiegel weiter steigt
- Um diese Bereiche weiterhin gut überwachen zu können sollen nach Möglichkeit auch jetzt nach Projektende ein Teil der Stationen im Feld bleiben

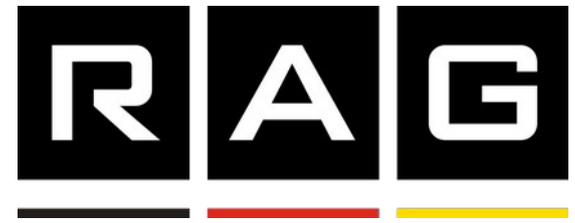
Danksagung



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Danke für ihre Aufmerksamkeit!

Zitate:

- (1) RAG BID (2023). <https://geodaten.rag.de/mapapps/resources/apps/bid/index.html>
- (2) Maibaum, F., RAG (2012). Wassertechnisches Feinkonzept zum Abschlussbetriebsplan der ZWH Ost. RAG - Servicebereich Standort- und Geodienste/ Markscheidewesen/ Lagerstätte/ Grubenwasserplanung, Herne.

