

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

Martina Rische <sup>1</sup>, Thomas Niederhuber <sup>2</sup>, Birgit Müller <sup>2</sup>, Kasper Fischer <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ruhr University Bochum, Germany;

<sup>2</sup> 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

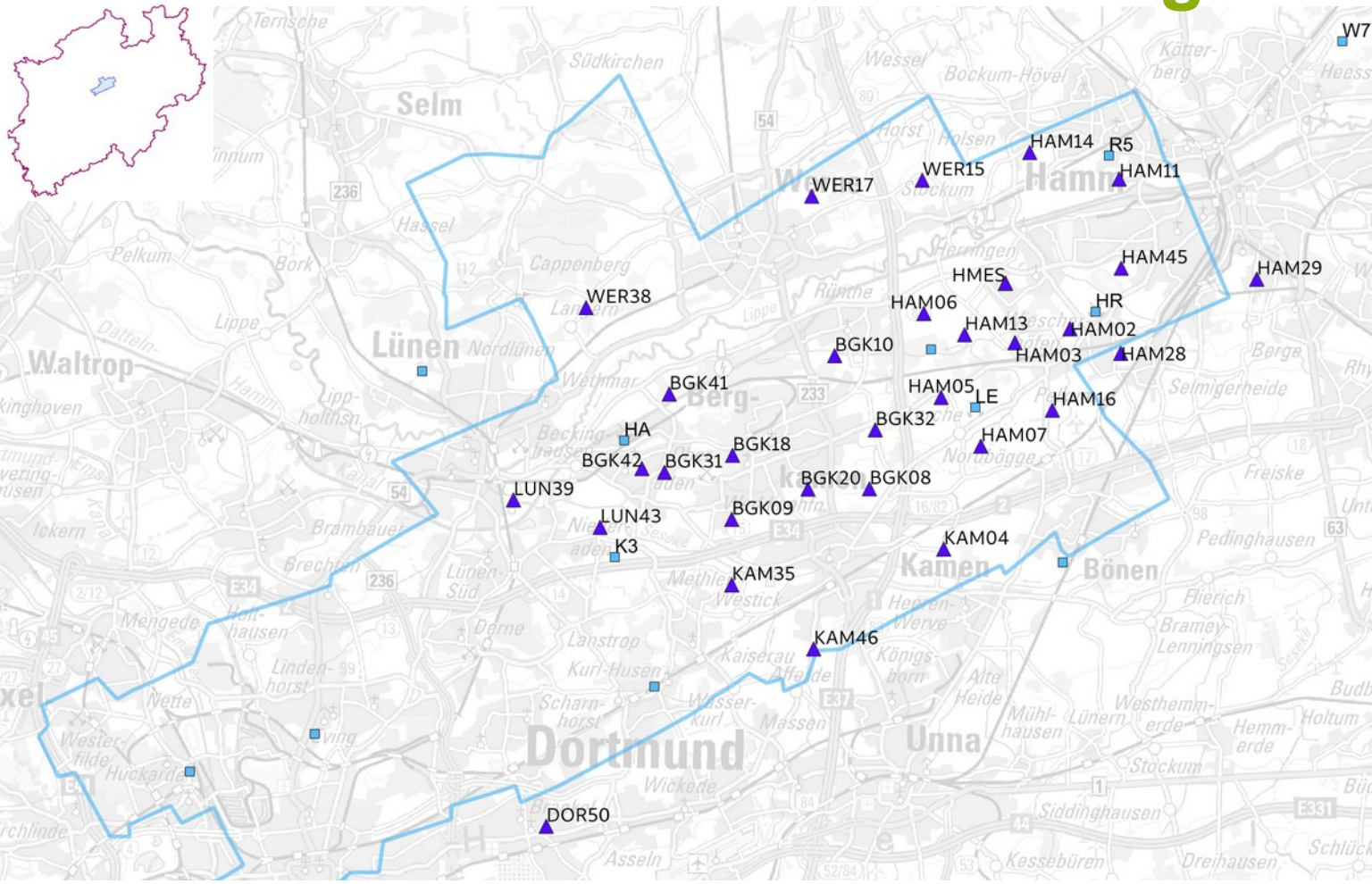
Projekträger  Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Laufzeit 2/2020 - 5/2023

Projektleitung 

Geologie und Geomechanik			Geodäsie	Seismologie	Bodengase
 Karlsruher Institut für Technologie				 RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM	 European Institute for Energy Research by EDF and KIT
					

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

■ 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

■ Grubenwassermonitoring der RAG

Wasserprovinz Haus Aden

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

# Seism. Messnetz östliches Ruhrgebiet

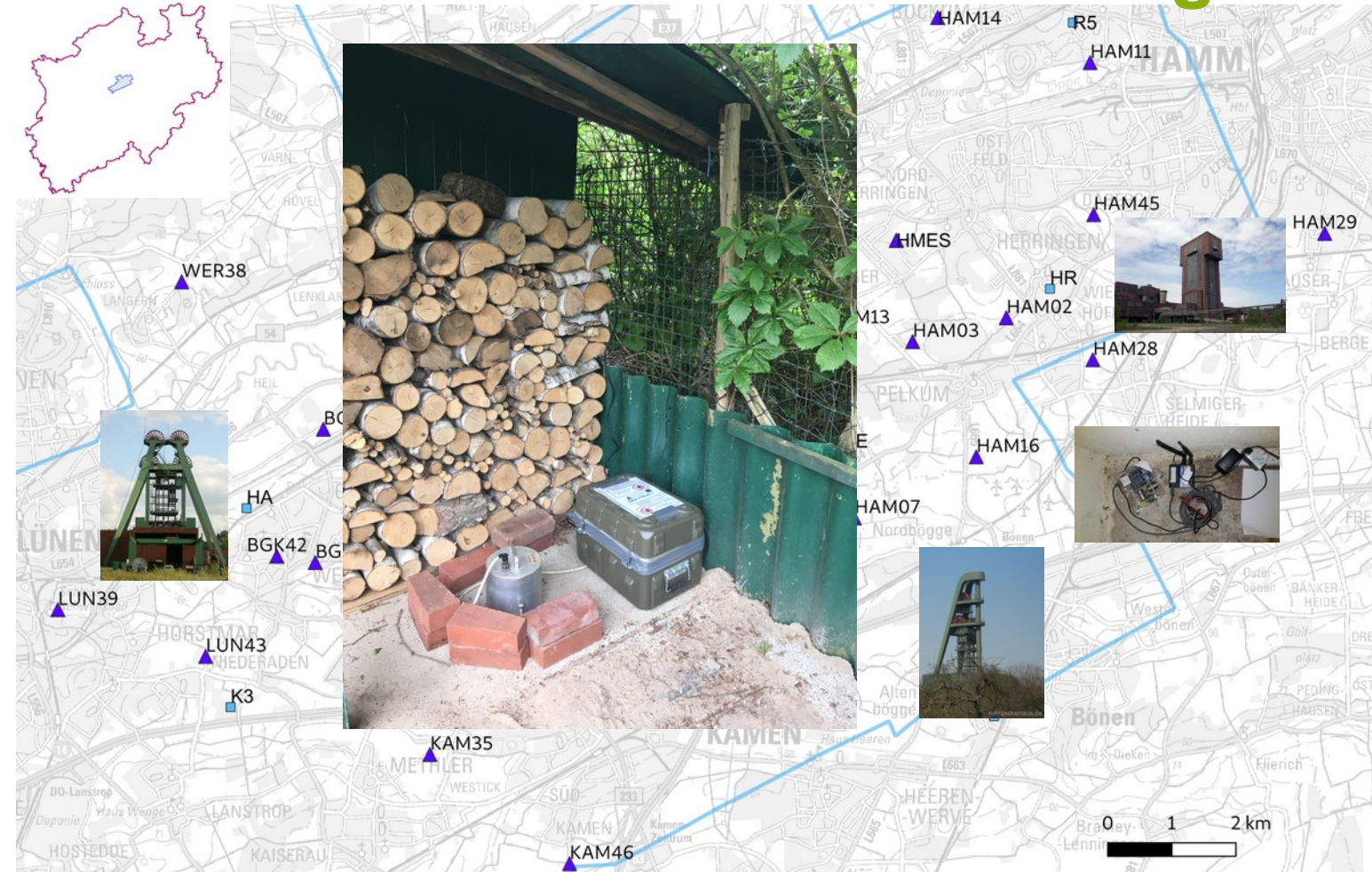
Region des ehemaligen  
"Bergwerk Ost"

▲ Lokales Netz mit  
bis zu 32  
kurzperiodischen  
Seismometern

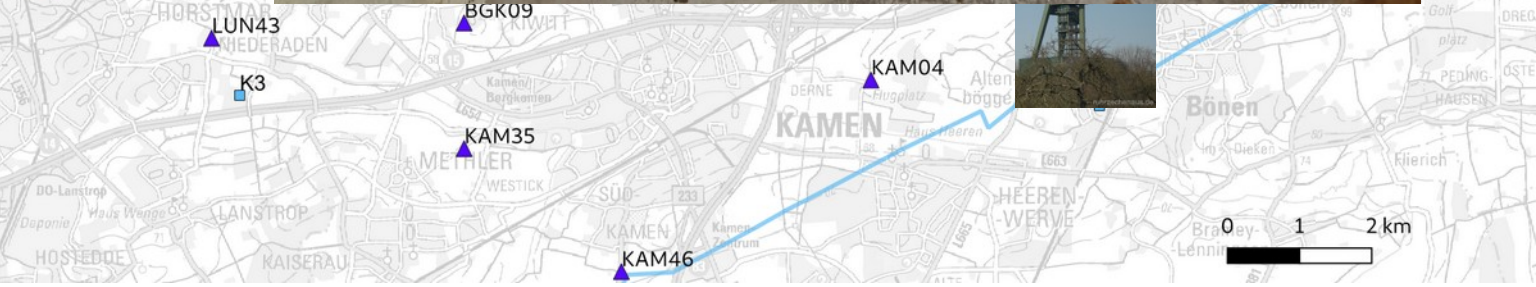
■ Grubenwasser-  
monitoring der RAG

Wasserprovinz  
Haus Aden

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



# Seism. Messnetz östliches Ruhrgebiet



Region des ehemaligen "Bergwerk Ost"

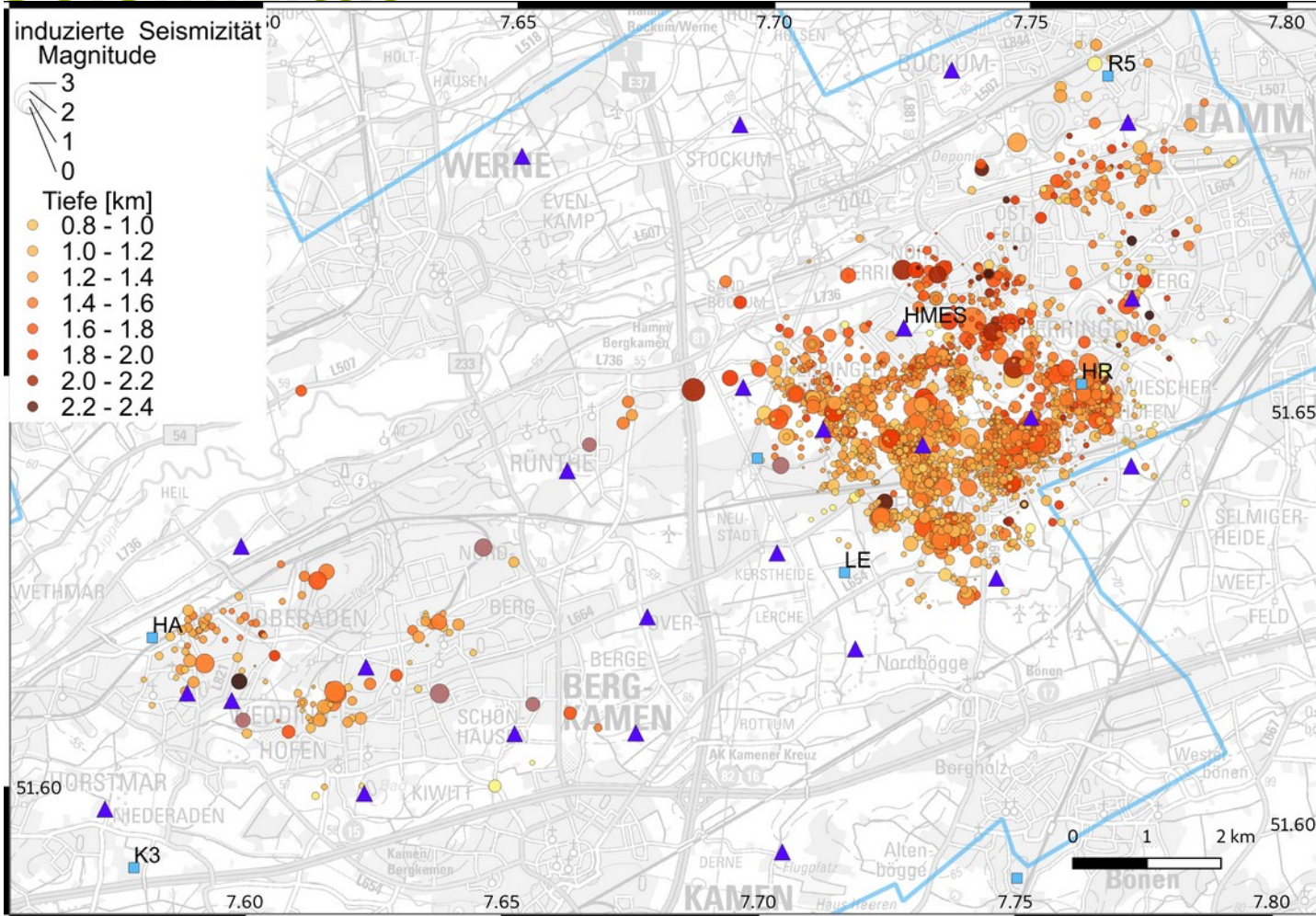
▲ Lokales Netz mit bis zu 32 kurzperiodischen Seismometern

■ Grubenwassermonitoring der RAG

Wasserprovinz Haus Aden

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

# Seismizität

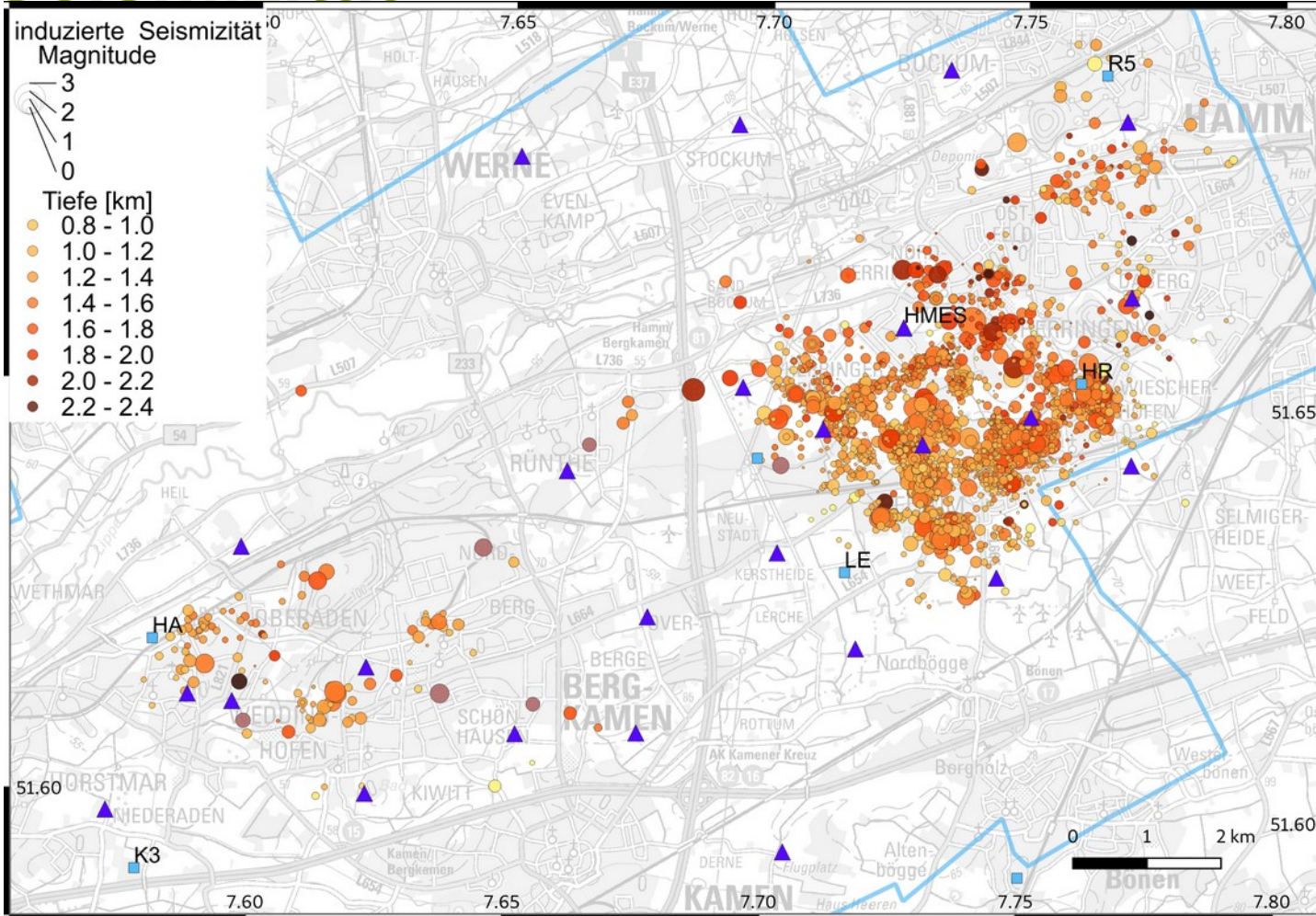


2372 induzierte Beben im Zeitraum 01/2019 – 08/2023

> 95% im östlichen Teil



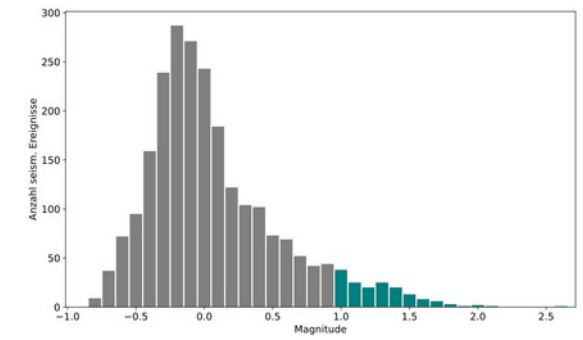
# Seismizität



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

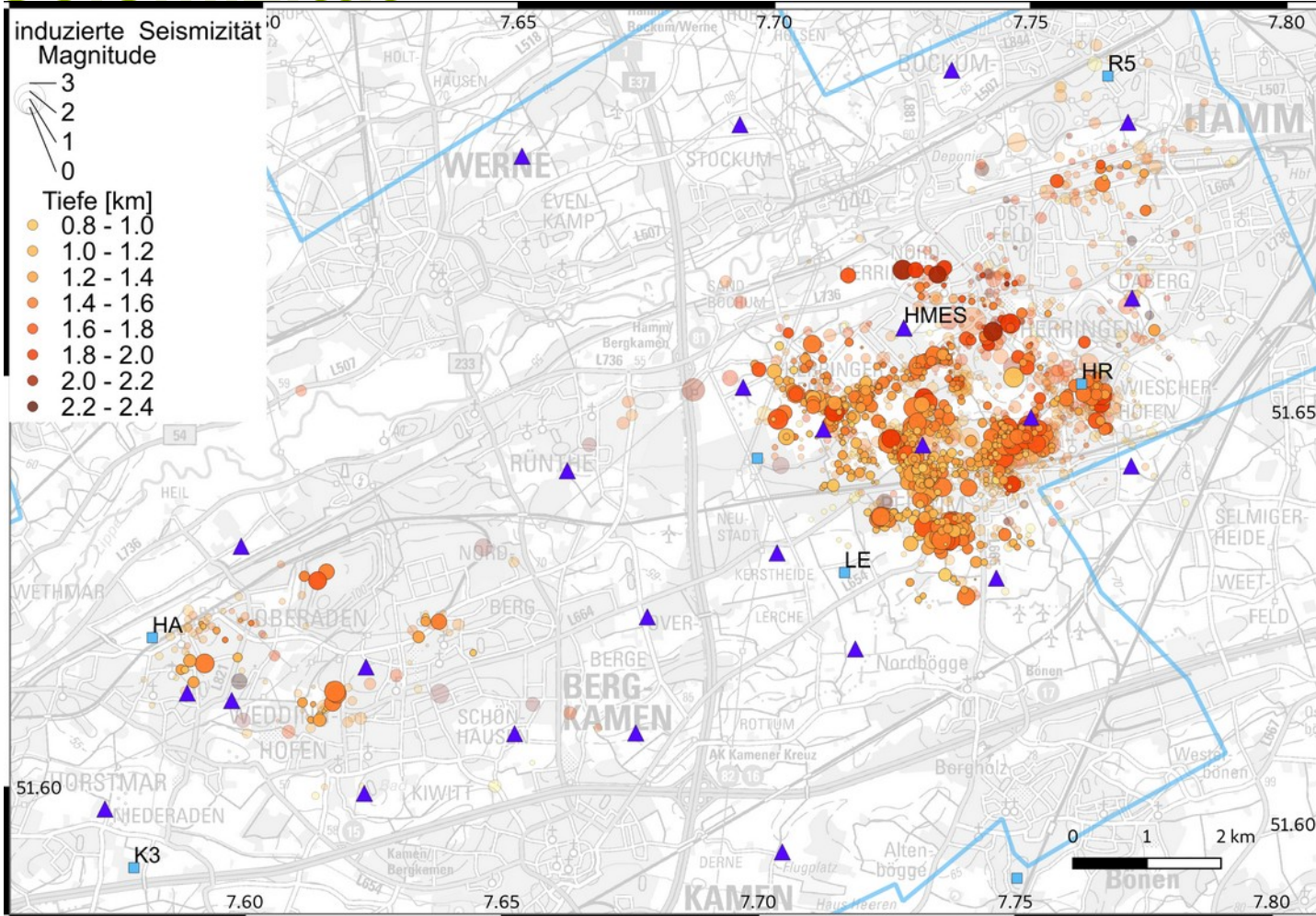
> 95% im östlichen Teil

Magnituden -0.8 – 2.6 M<sub>L</sub>



ca. 165 Ereignisse eventuell spürbar

# Seismizität



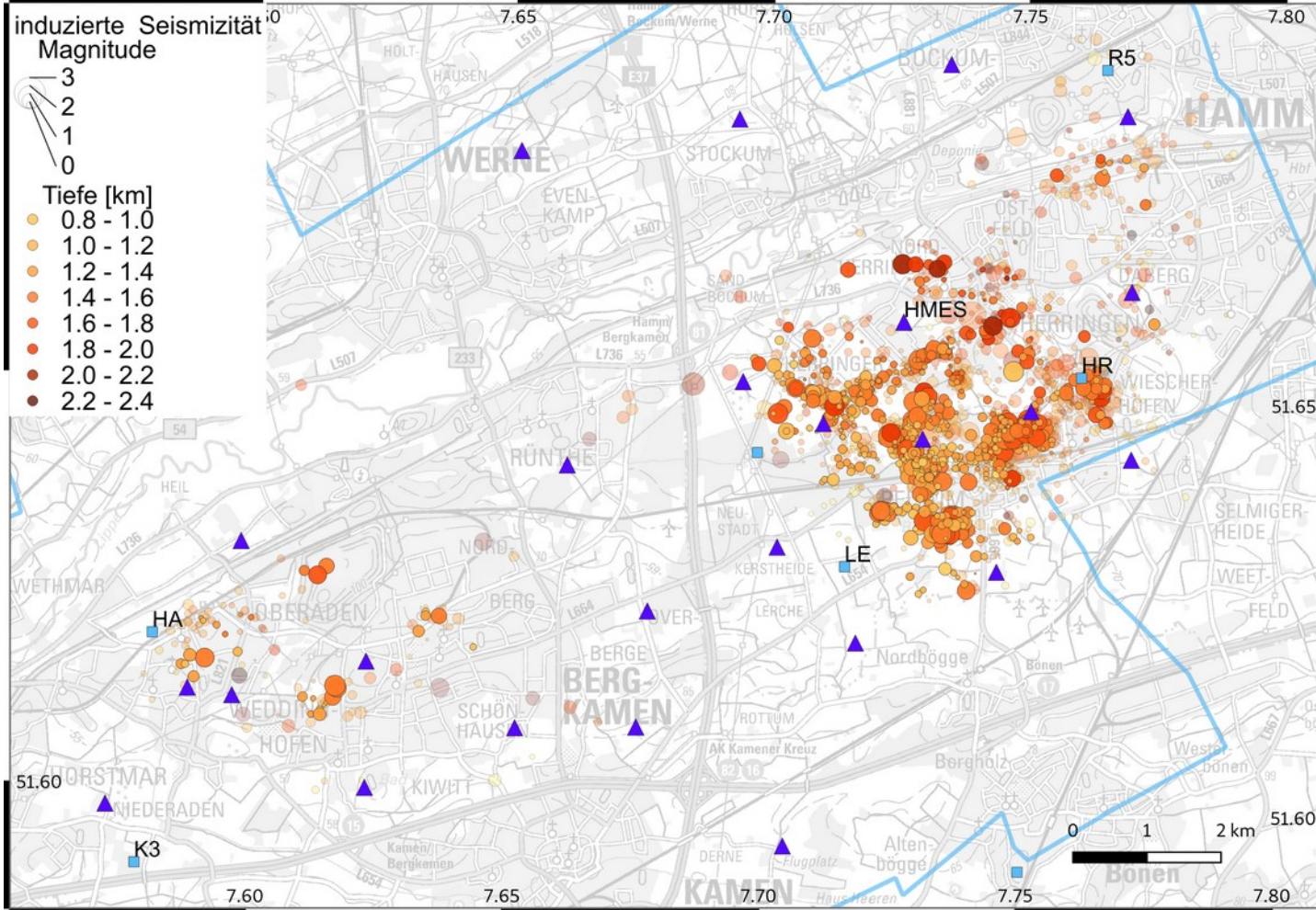
2372 induzierte Beben im Zeitraum 01/2019 – 08/2023

> 95% im östlichen Teil

Magnituden -0.8 – 2.6  $M_L$

932 mit Lokalisierungsfehlern <600m

# Seismizität



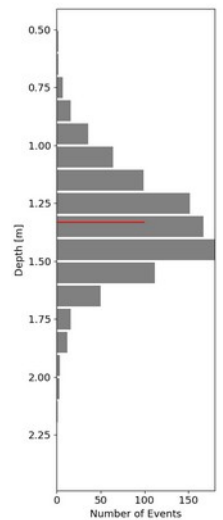
2372 induzierte Beben im Zeitraum 01/2019 – 08/2023

> 95% im östlichen Teil

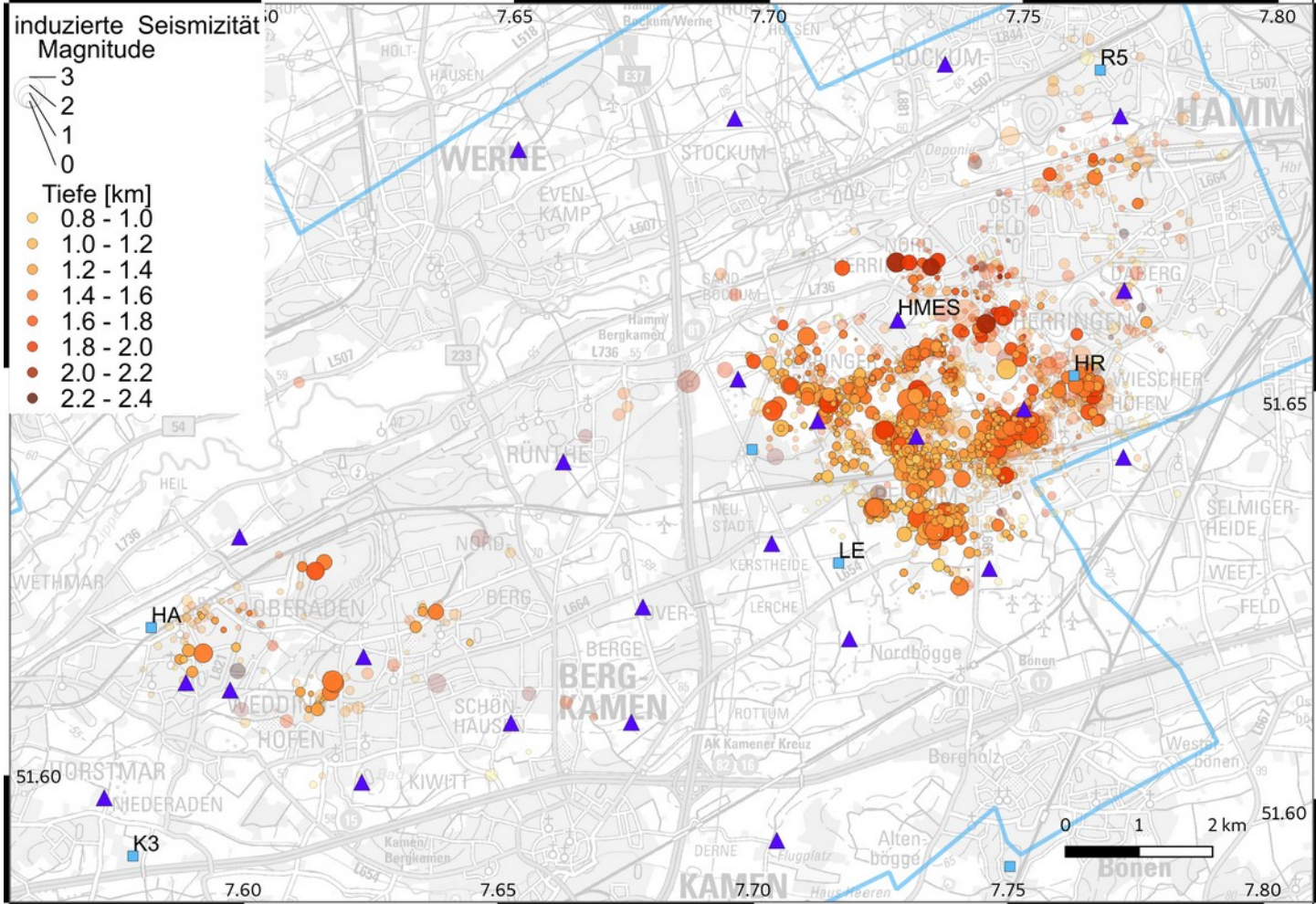
Magnituden -0.8 – 2.6 M<sub>L</sub>

932 mit Lokalisierungsfehlern <600m

1.2-1.5 km



# Seismizität



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

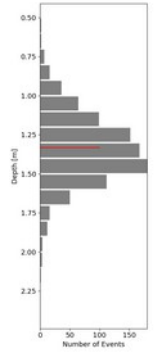
> 95% im östlichen Teil

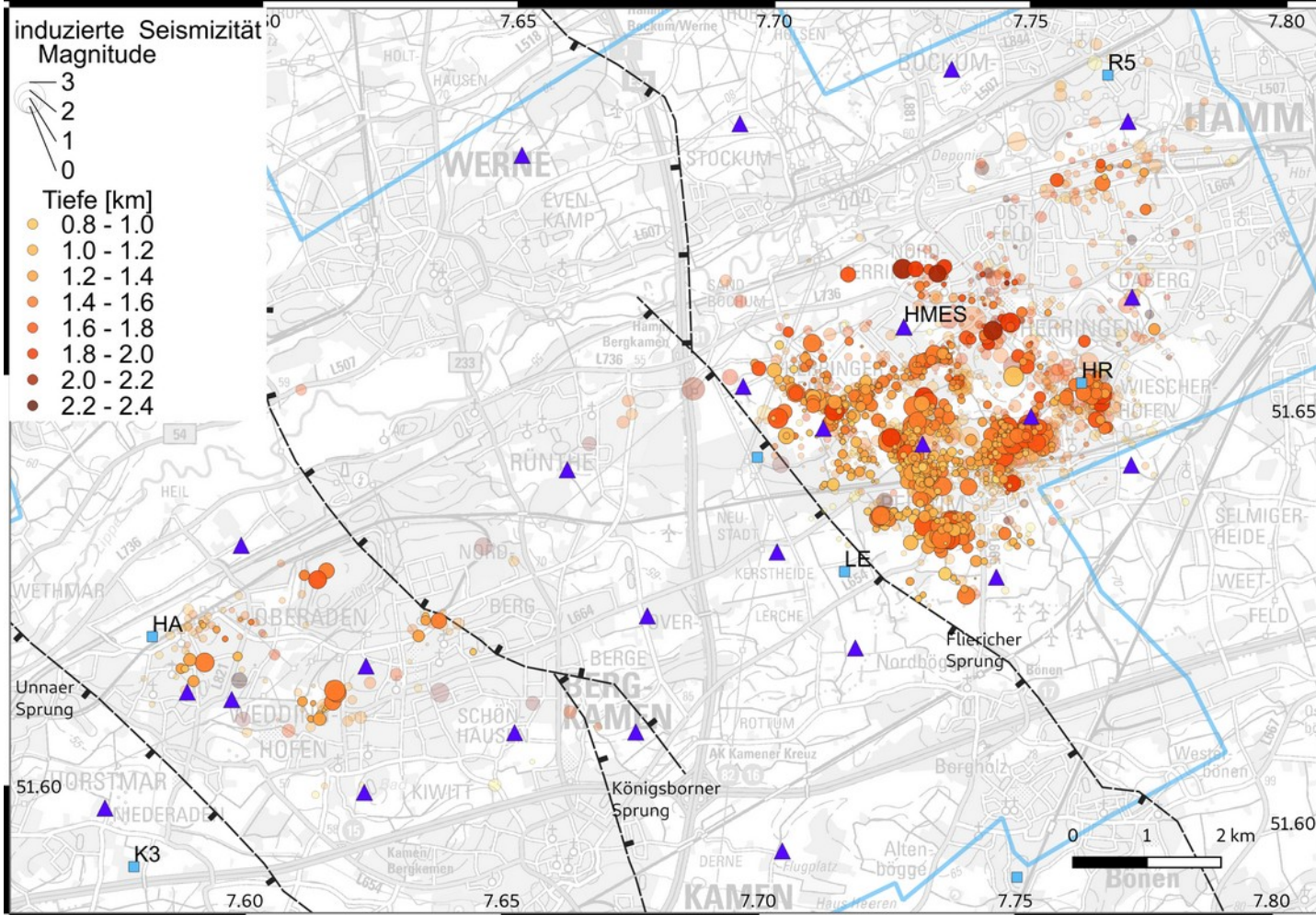
Magnituden -0.8 – 2.6 M<sub>L</sub>

932 mit Lokalisierungsfehlern <600m

Tiefenmaximum 1.2-1.5 km

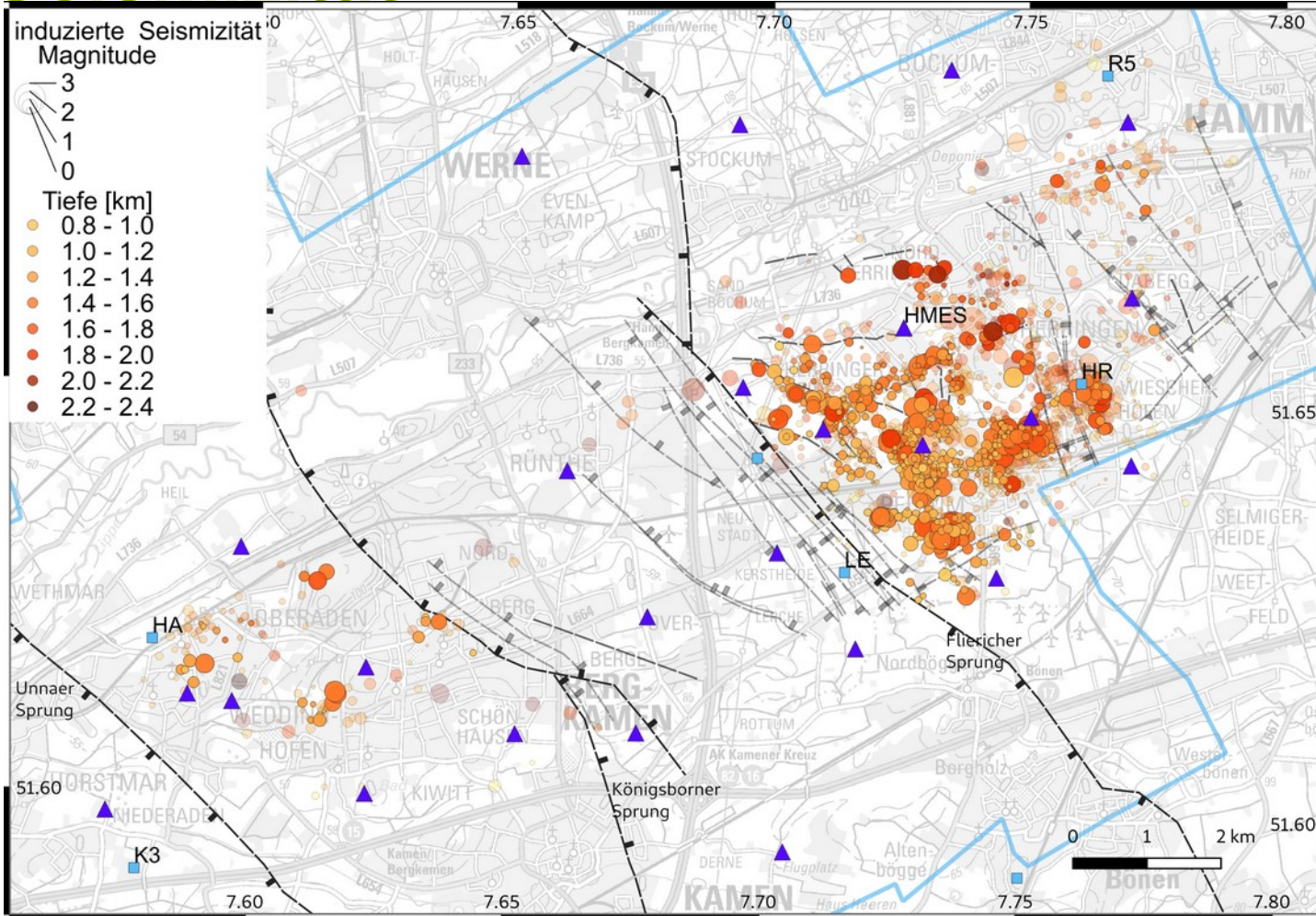
Wie können die beobachteten Strukturen in der Seismizitätsverteilung erklärt werden?





## Störungen

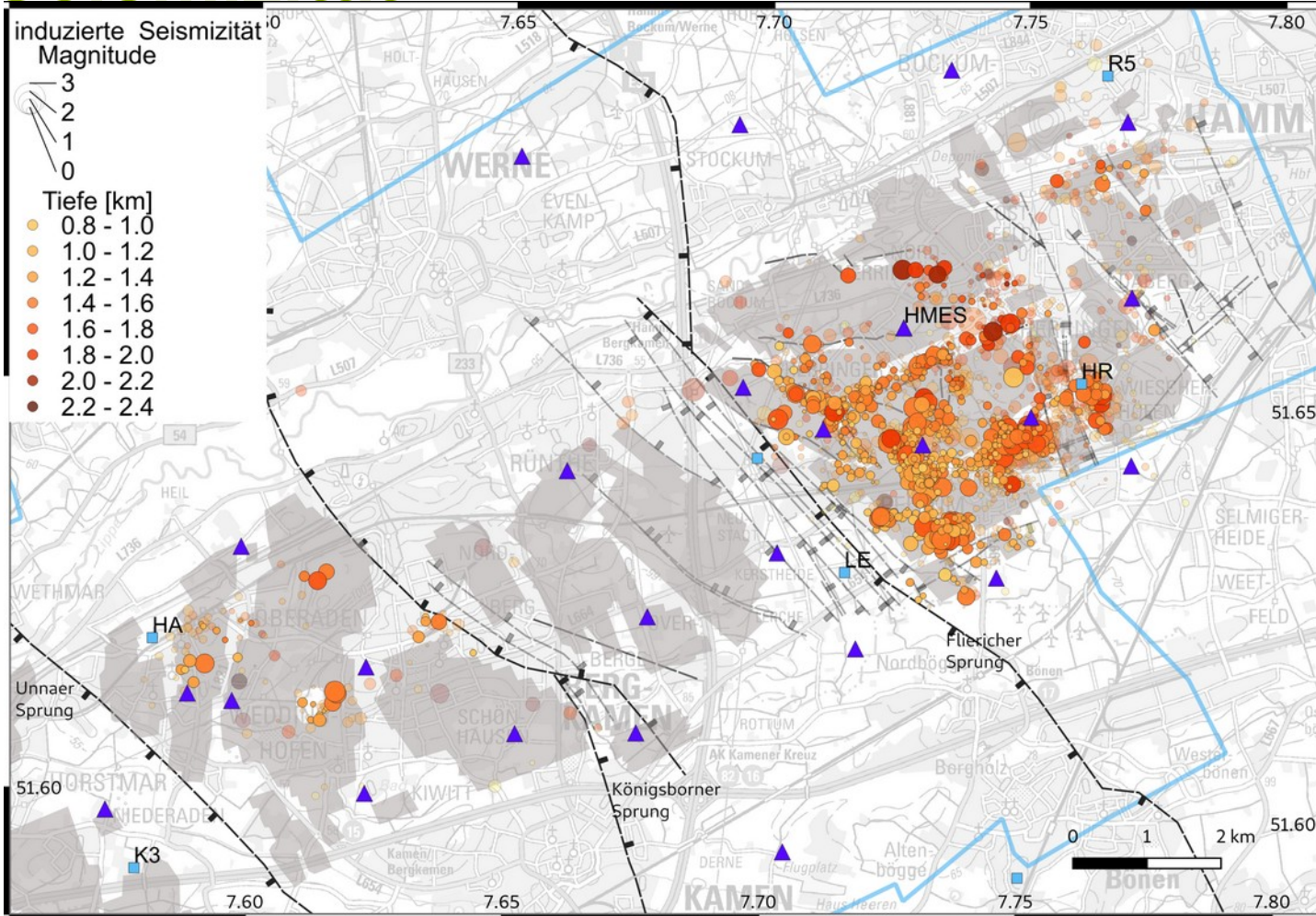
Das Gebiet wird durch NNW orientierte Abschiebungen in Horst- und Grabenstrukturen unterteilt



## Störungen

Das Gebiet wird durch NNW orientierte Abschiebungen in Horst- und Grabenstrukturen unterteilt

Zusätzlich wurden während des Abbaus kleinere Abschiebungen und Blattverschiebungen unterschiedlicher Orientierung kartiert

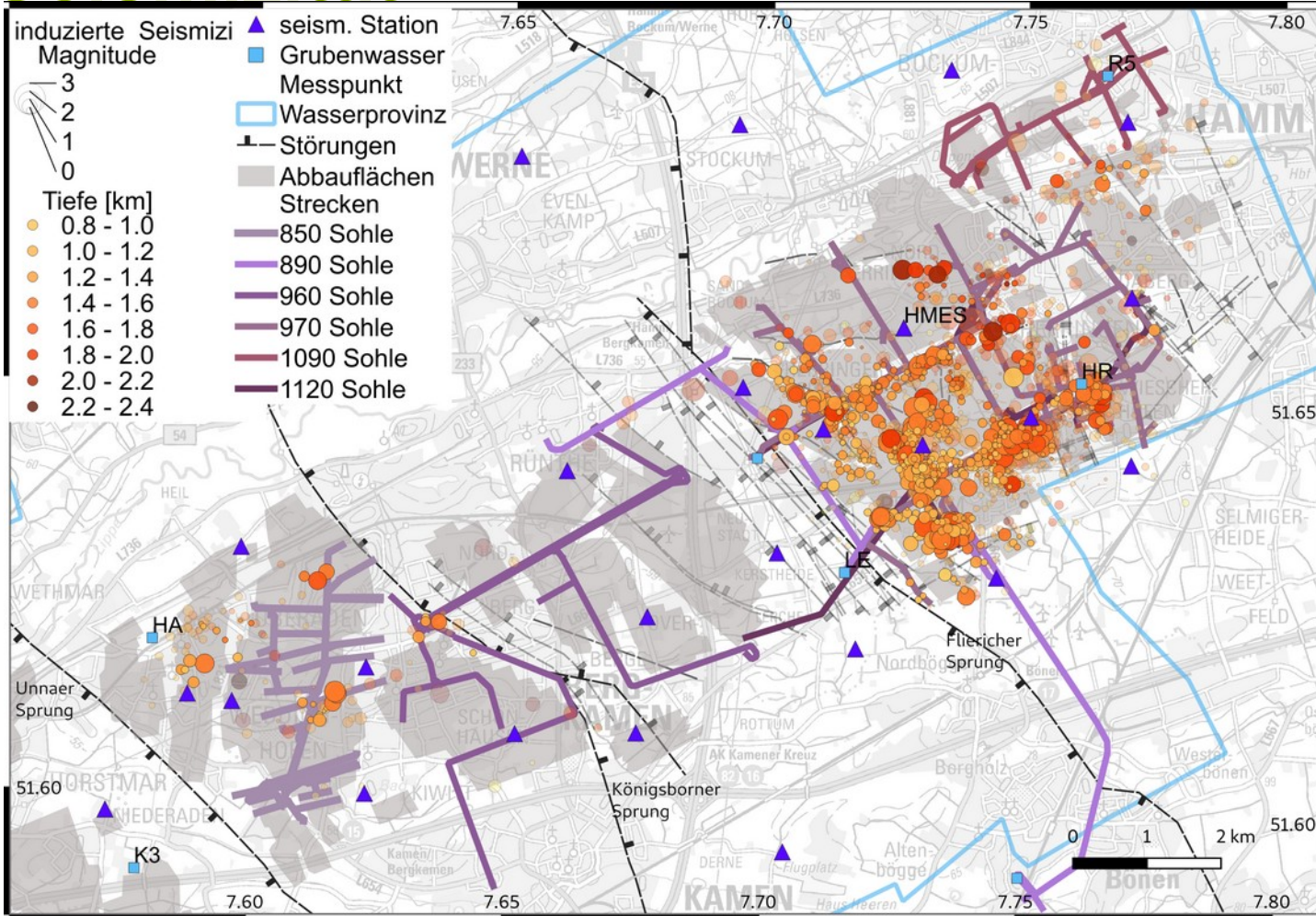


Störungen

Abbaugelände (1)

Teufen von ~ 600m -1400m

(1) RAG BID (2023).



Störungen

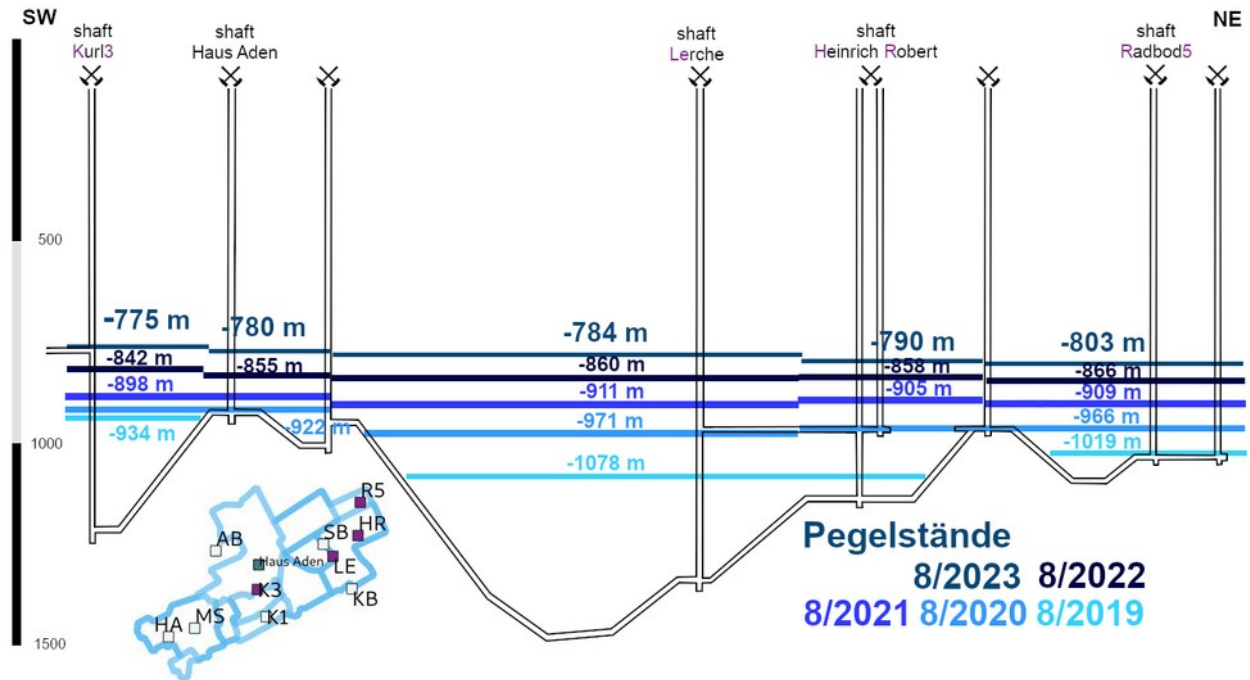
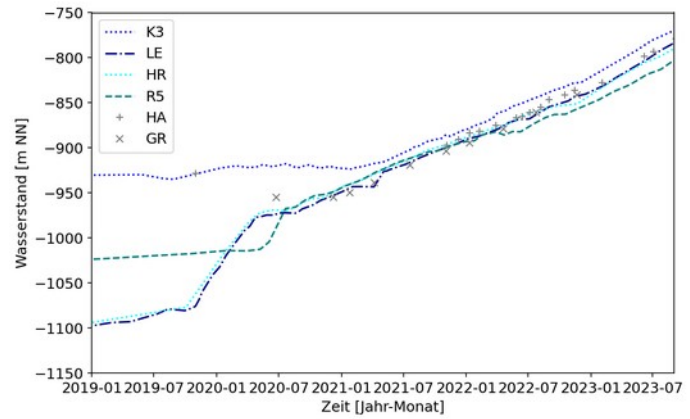
Abbaugebiete

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



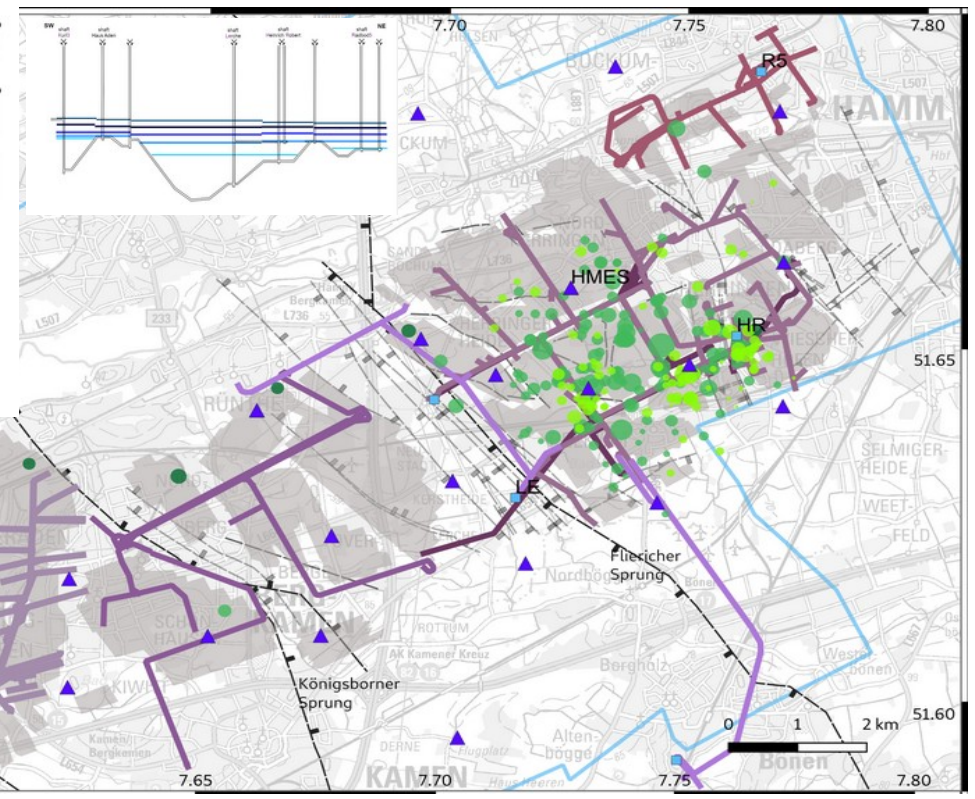
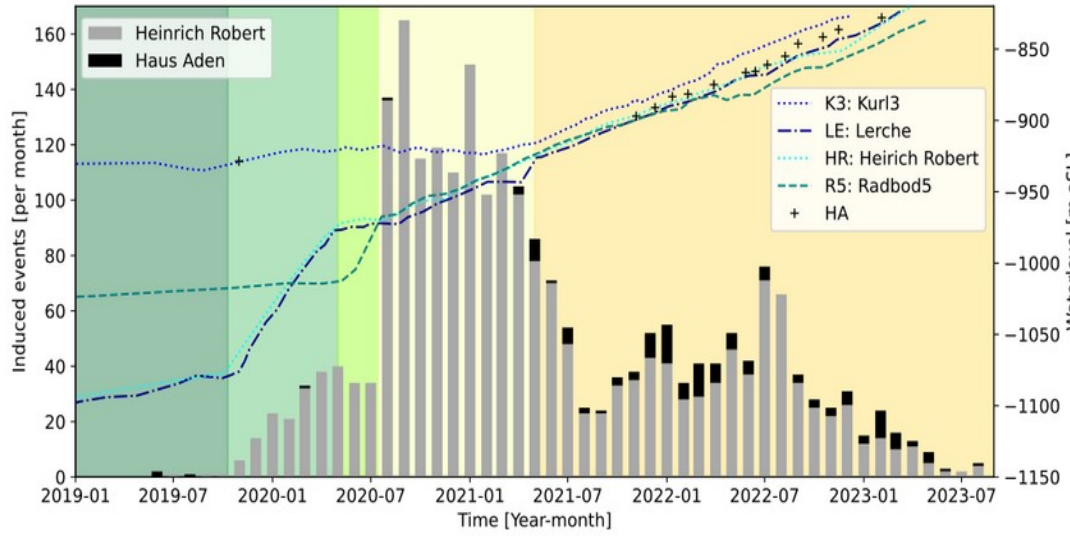
# Grubenwasseranstieg

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



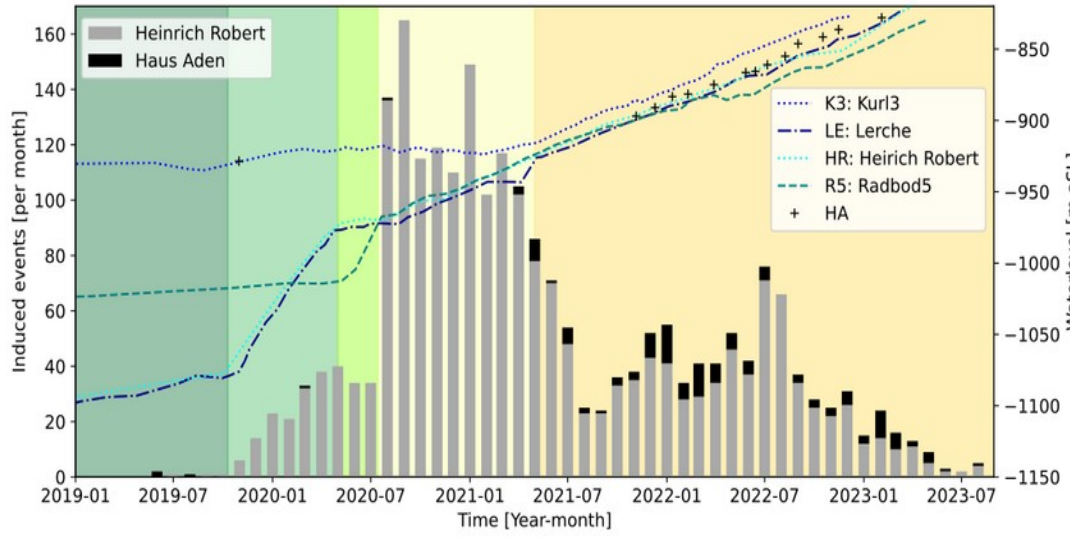
(2) Maibaum, F., RAG (2012). (1) RAG BID (2023).

# Grubenwasser und Seismizität

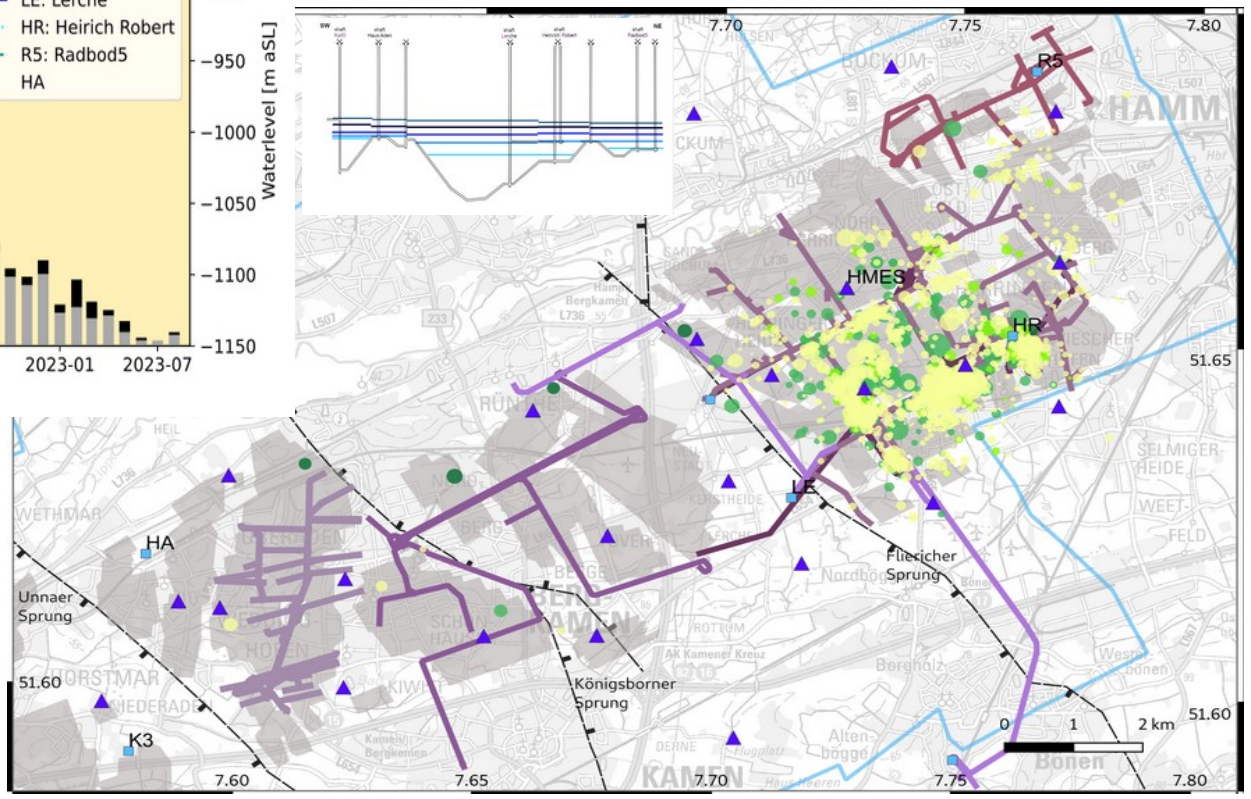


- Vor und kurz nach dem Abstellen der Pumpen
- Schneller paralleler Anstieg des Grubenwasserlevels an HR und LE mit den größten Ereignissen  $M_L$  2.6 und 2.0
- Starker Anstieg an R5

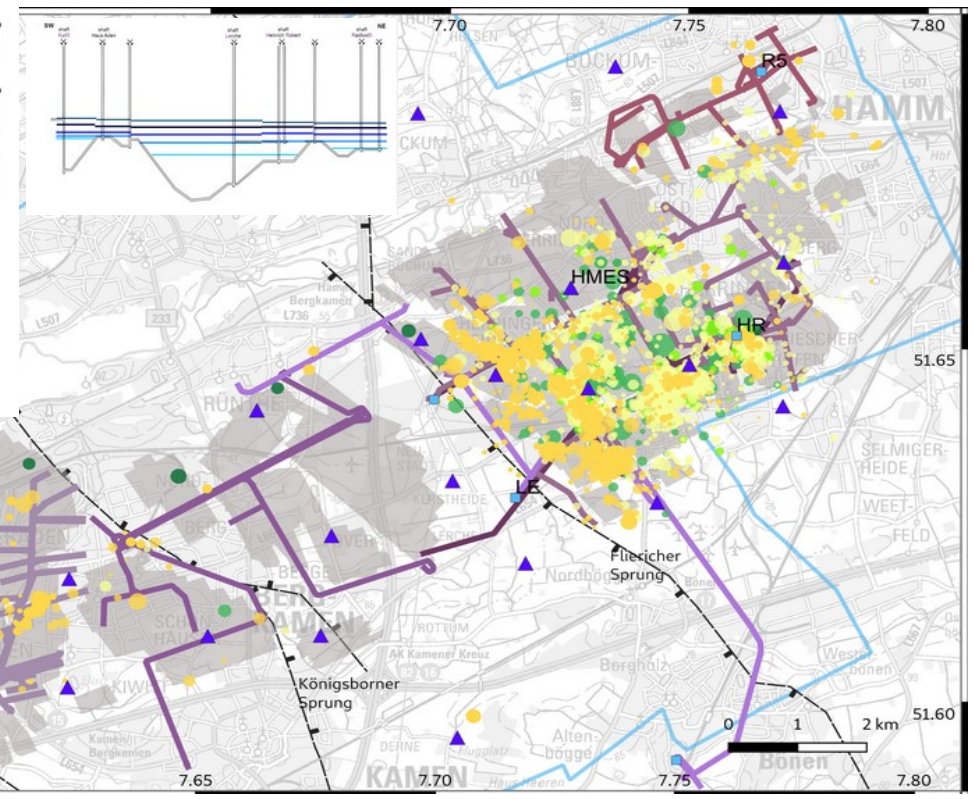
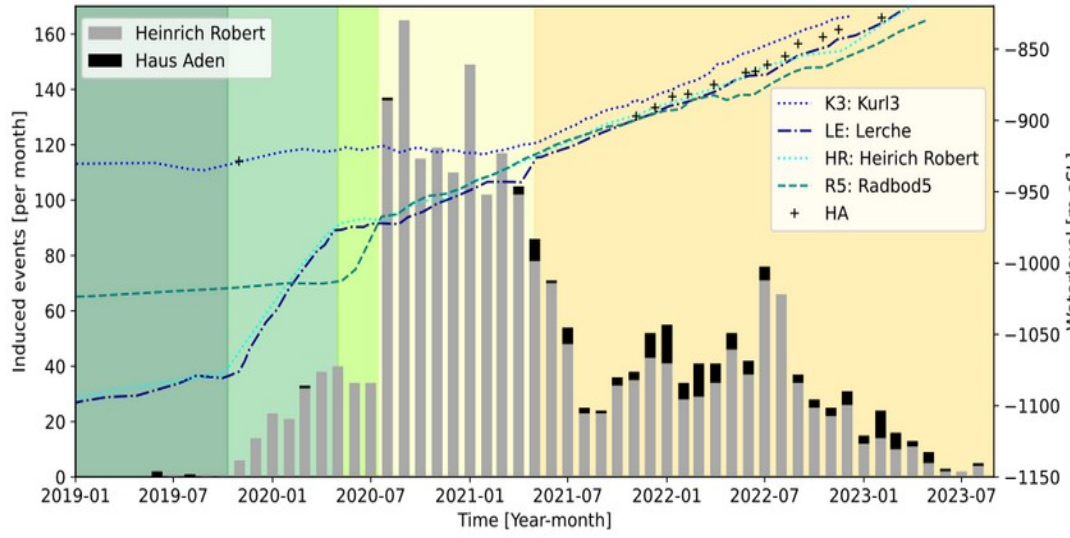
# Grubenwasser und Seismizität



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

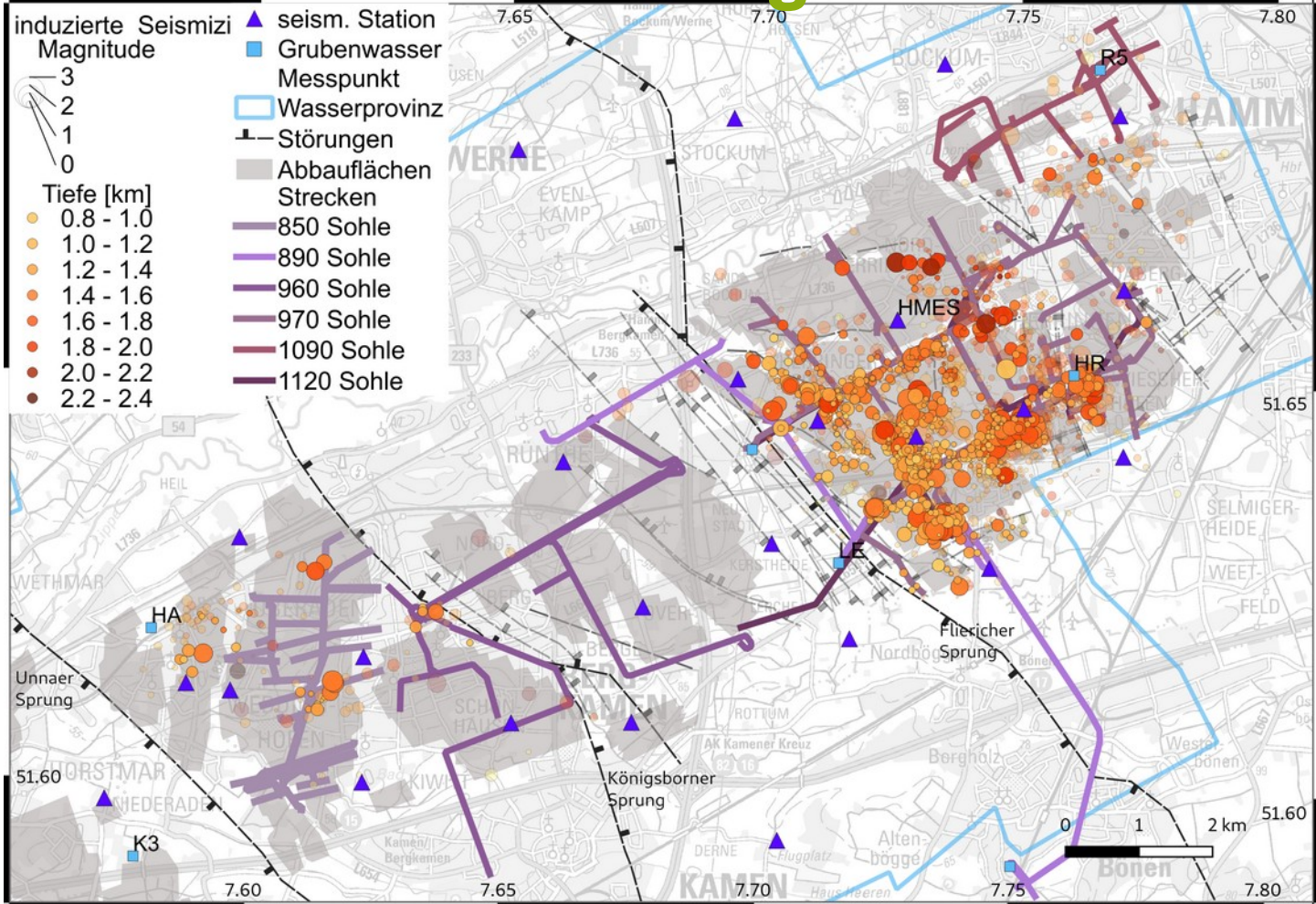


# Grubenwasser und Seismizität

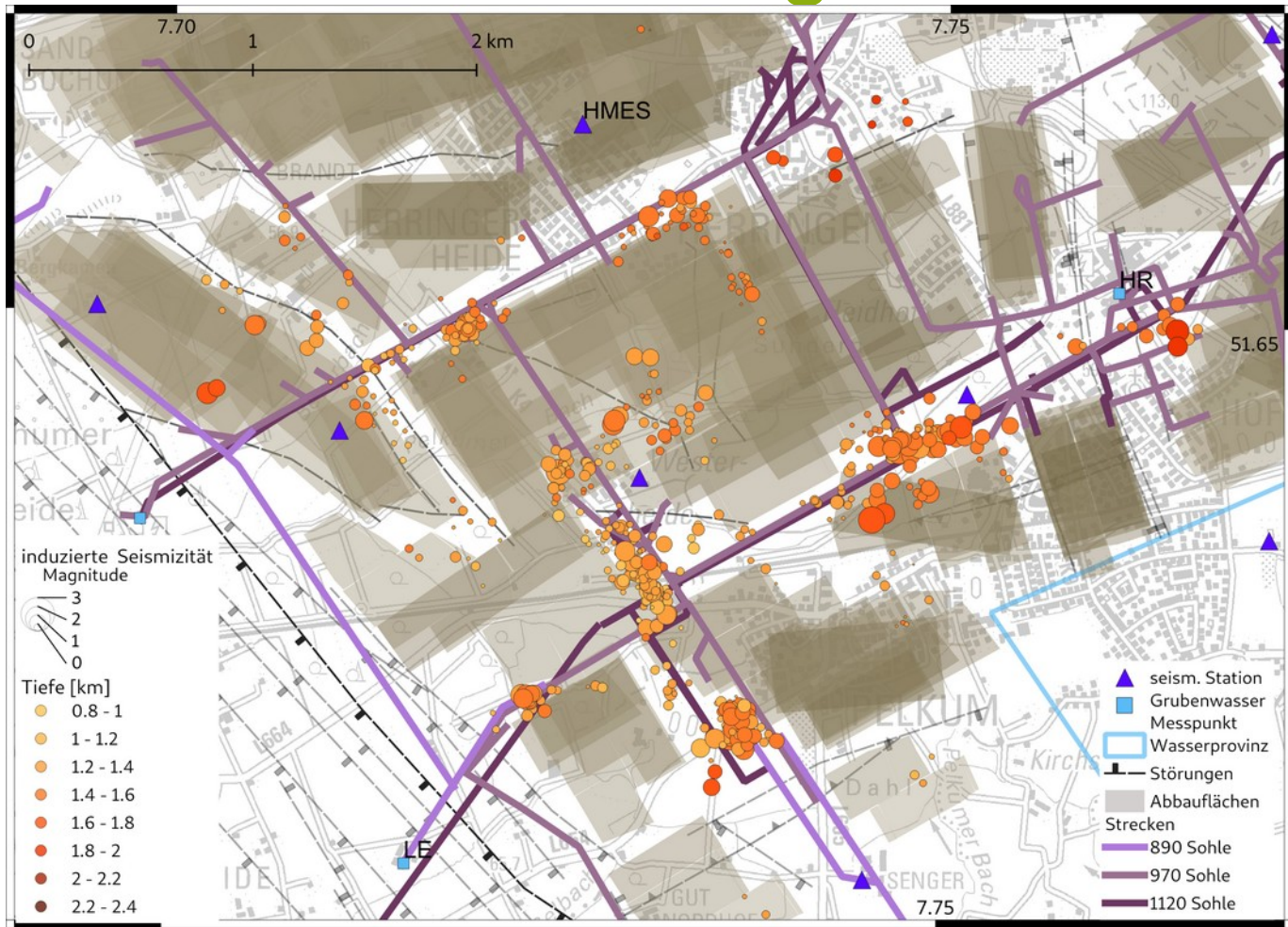


- Gleichbleibender Anstieg des Grubenwasserlevels an LE, HR und R5, beginnender Pegelanstieg bei K3
- Seismizität konzentriert auf Cluster am westlichen Rand des aktiven Gebietes
- Beginnende geringere Seismizität im Bereich Bergkamen

# Seismizitätsverteilung

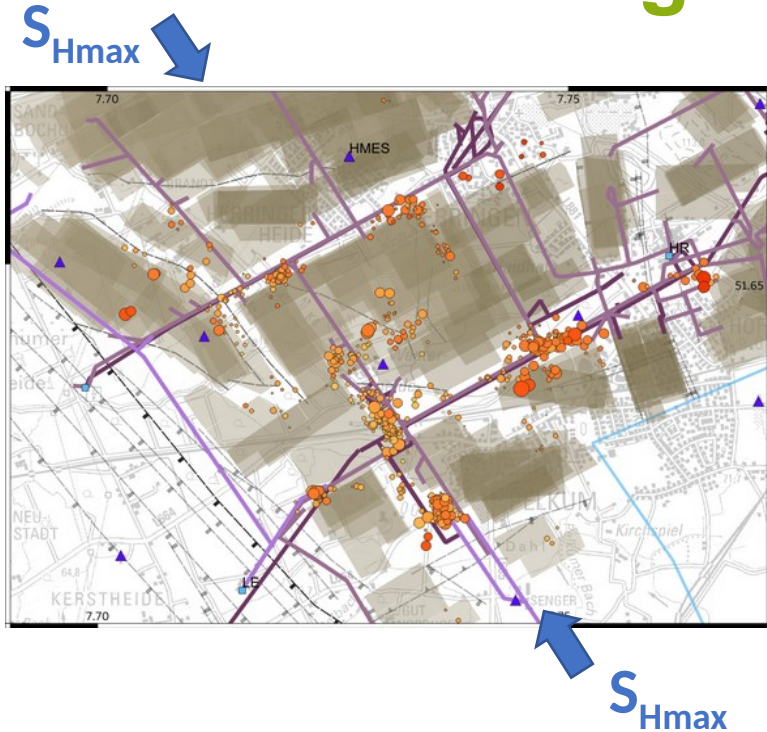


# Seismizitätsverteilung Heinrich Robert



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

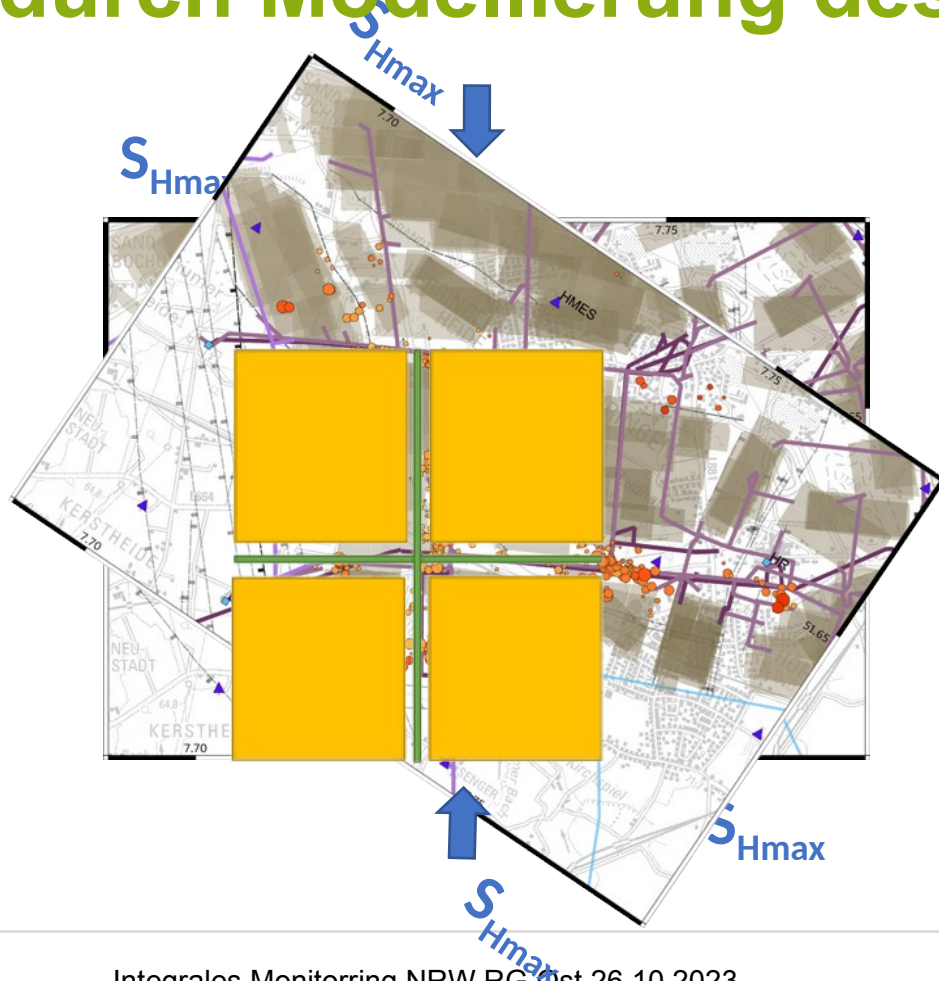


## Erstellung eines generischen Grubenmodells

- 1: Rotation in Richtung der Hauptnormalspannung



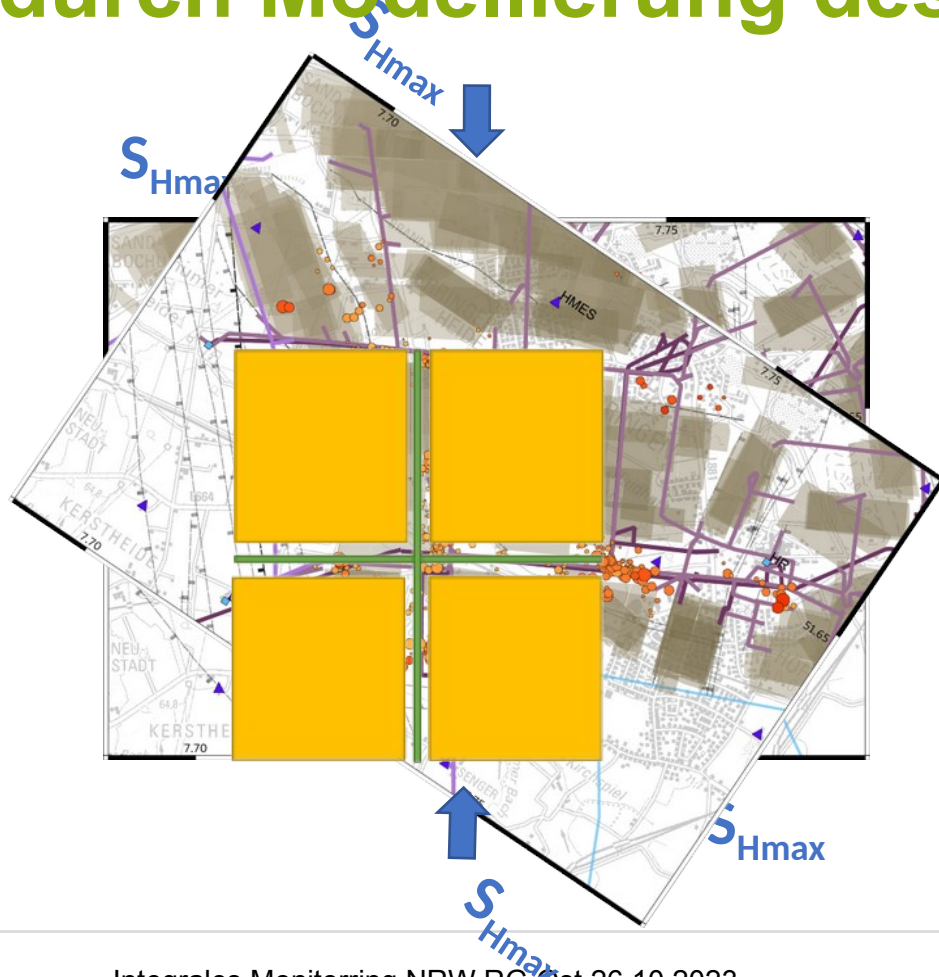
# Interpretation der Seismizitätsverteilung durch Modellierung des Spannungsfeldes



## Erstellung eines generischen Grubenmodells

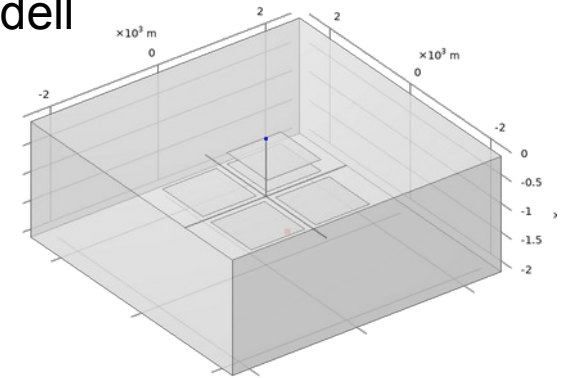
- 1: Rotation in Richtung der Hauptnormalspannung
- 2: Vereinfachung der Abbaufächen, Schächte und Strecken

# Interpretation der Seismizitätsverteilung durch Modellierung des Spannungsfeldes



## Erstellung eines generischen Grubenmodells

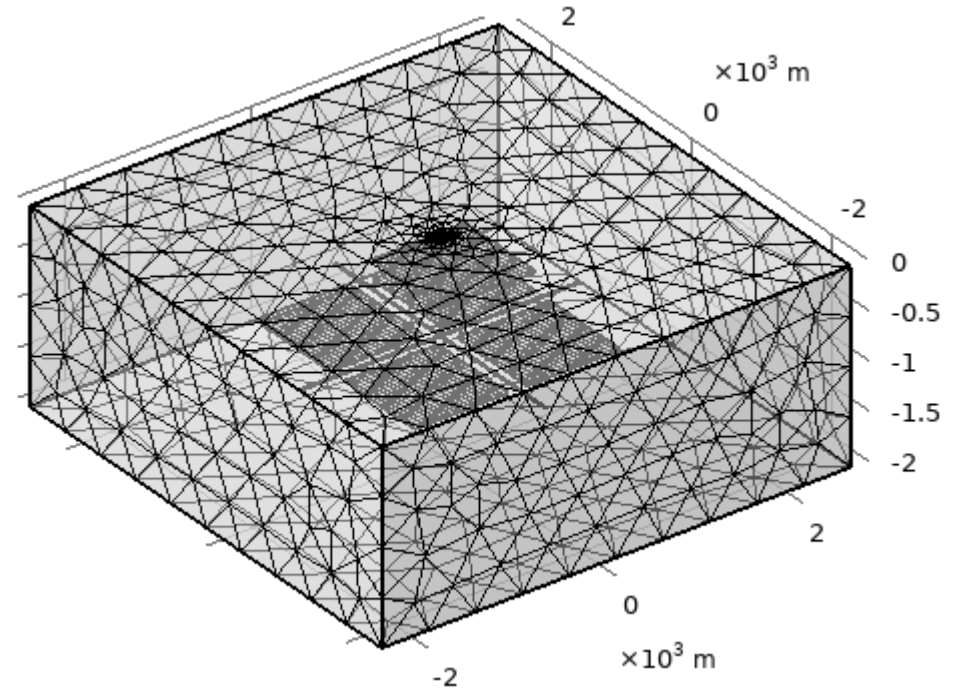
- 1: Rotation in Richtung der Hauptnormalspannung
- 2: Vereinfachung der Abbauflächen, Schächte und Strecken
- 3: 3D Modell



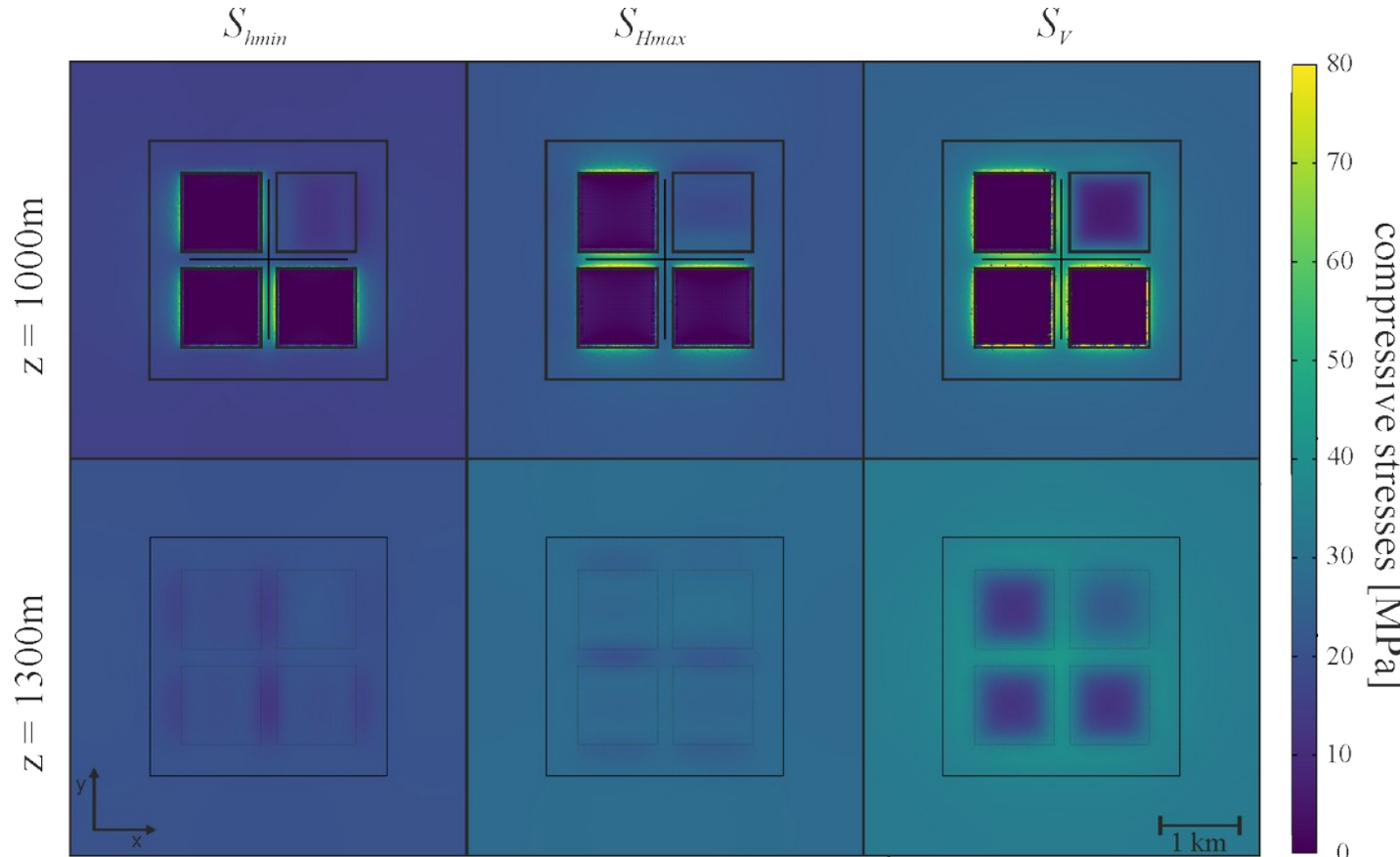
# Interpretation der Seismizitätsverteilung durch Modellierung des Spannungsfeldes

## 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**

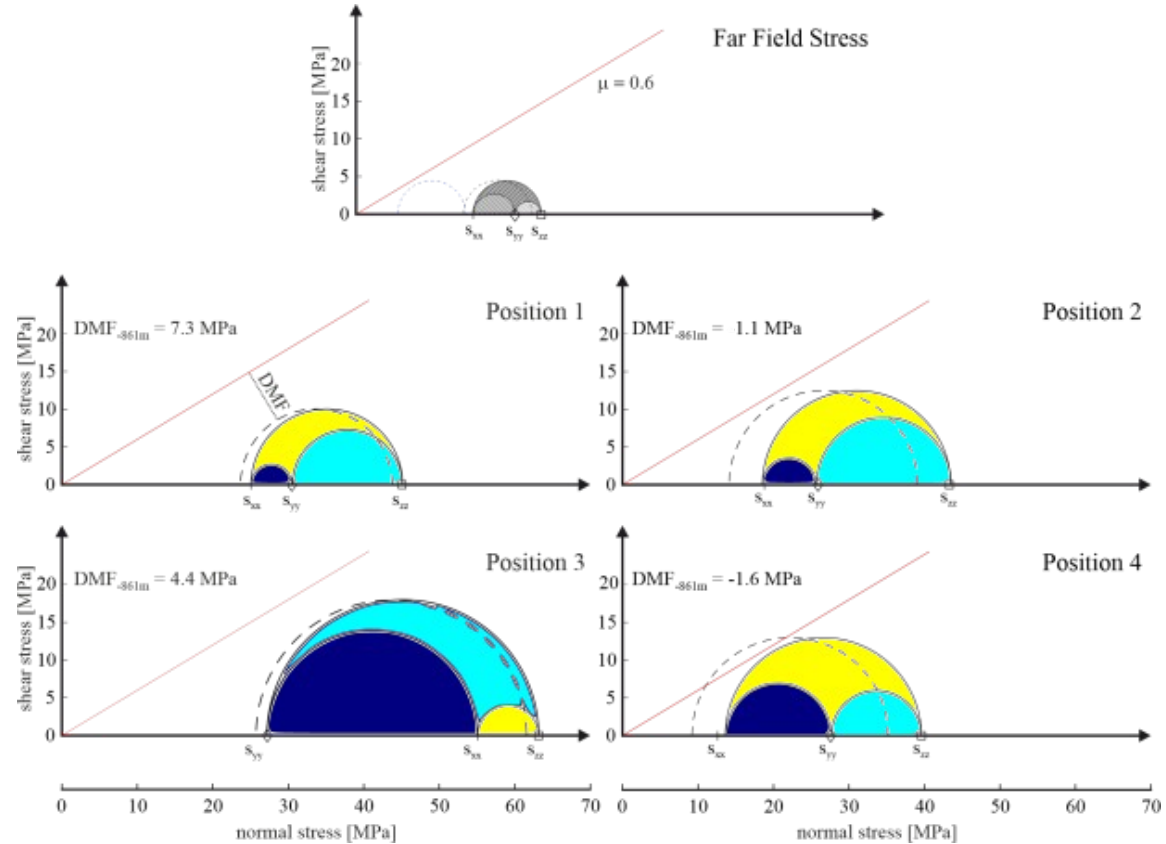
- In den Abbaufächen ist der Stress nahe Null.
- Spannungskonzentration an den Rändern der Abbaufächen
- SV Spannungskonzentration in den Pfeilern um die Abbaufächen und unterhalb dieser.
- Spannungsumverteilung - "Stress-arching"

# Interpretation der Seismizitätsverteilung durch Modellierung des Spannungsfeldes

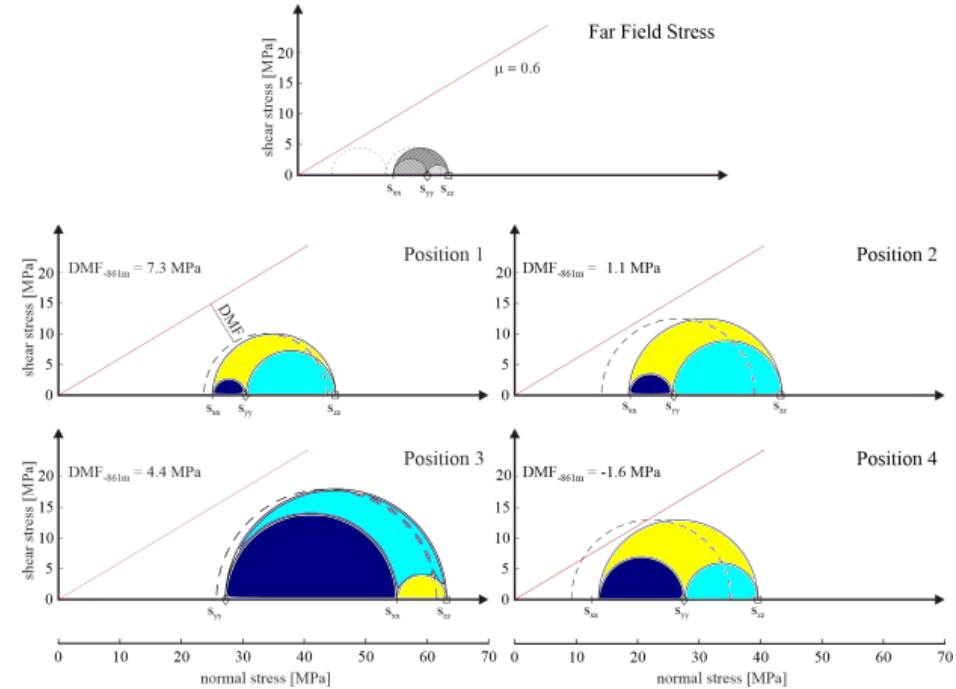
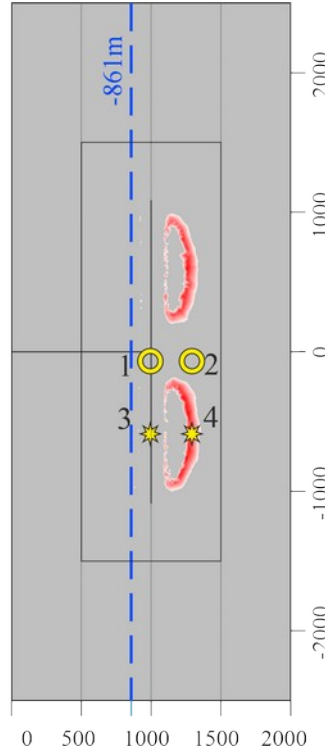
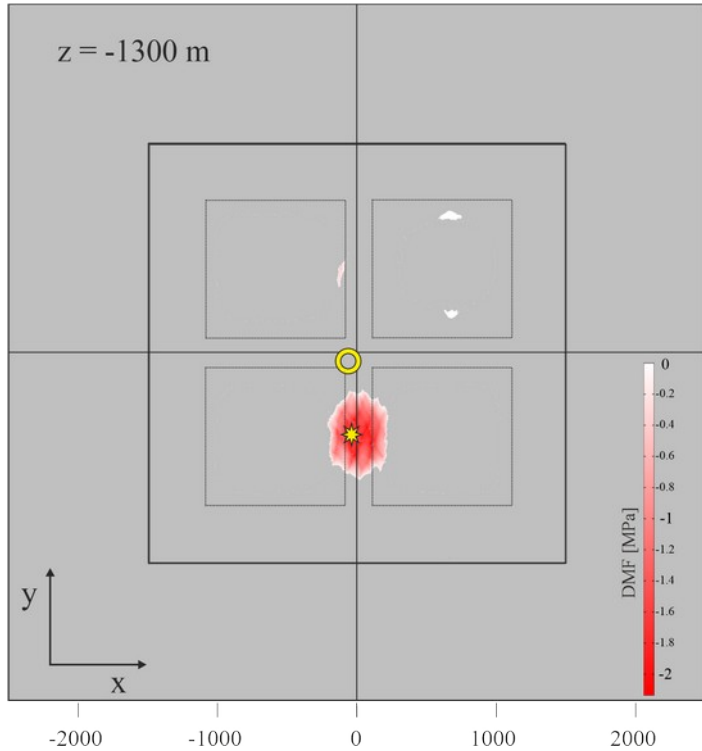
## Spannungen im Mohr-Kreis

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.

