

Mögliche Bewegungsabläufe in Störungsbereichen im Rheinischen Braunkohlenrevier

Informationsveranstaltung

RWE Power AG

12. März 2015

Univ.Prof. Dr.-Ing. Axel Preuße

- Beschreibung der Situation
- Erfassung von Bodenbewegungen
- Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs
- Bewertung des Bewegungsablaufs aus Bergschadenssicht
- Zusammenfassung

- Beschreibung der Situation
- Erfassung von Bodenbewegungen
- Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs
- Bewertung des Bewegungsablaufs aus Bergschadenssicht
- Zusammenfassung

Beschreibung der Situation

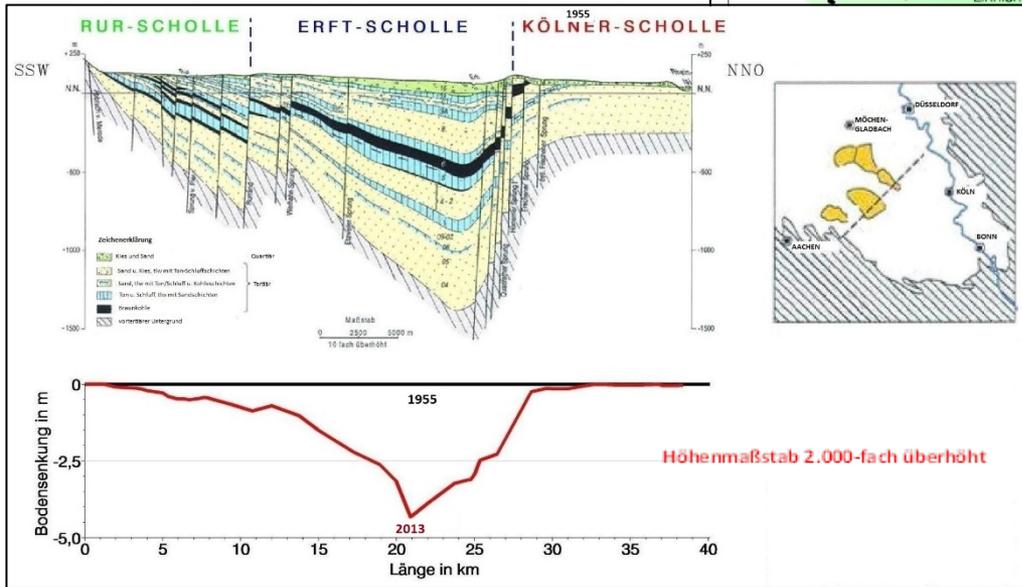
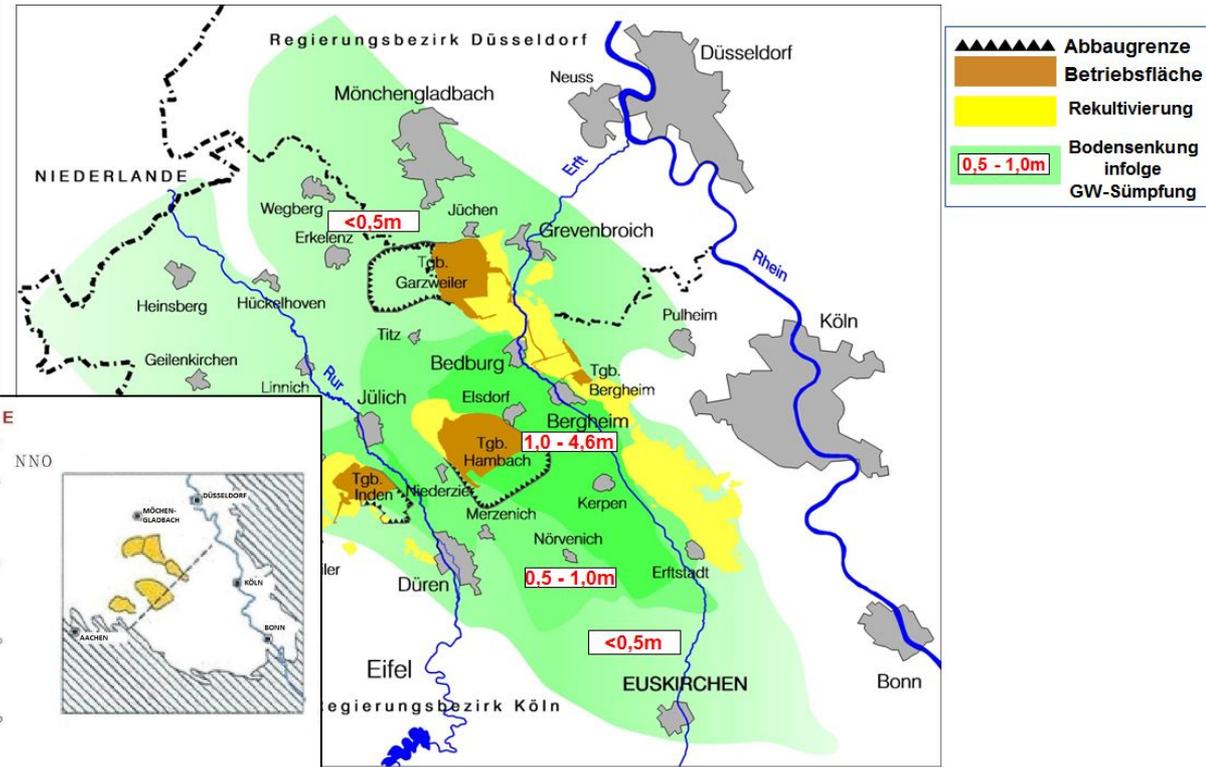
Lage der Untersuchungsgebiete (rot umrandet) [Google Maps]



Beschreibung der Situation

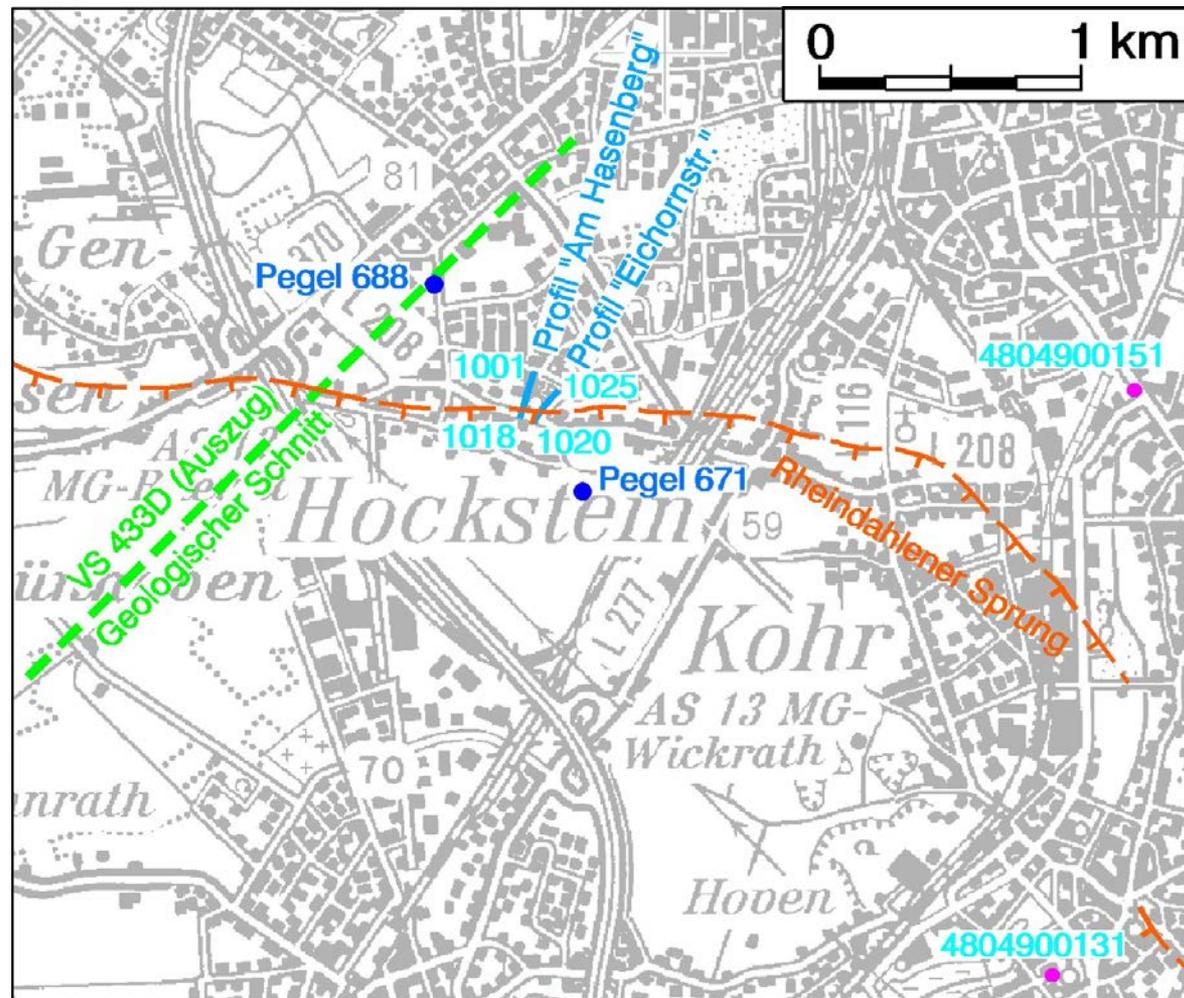
Geologischer Schnitt und Bodensenkungen im Rheinischen Braunkohlenrevier

Bodensenkungen 1955 bis 2013



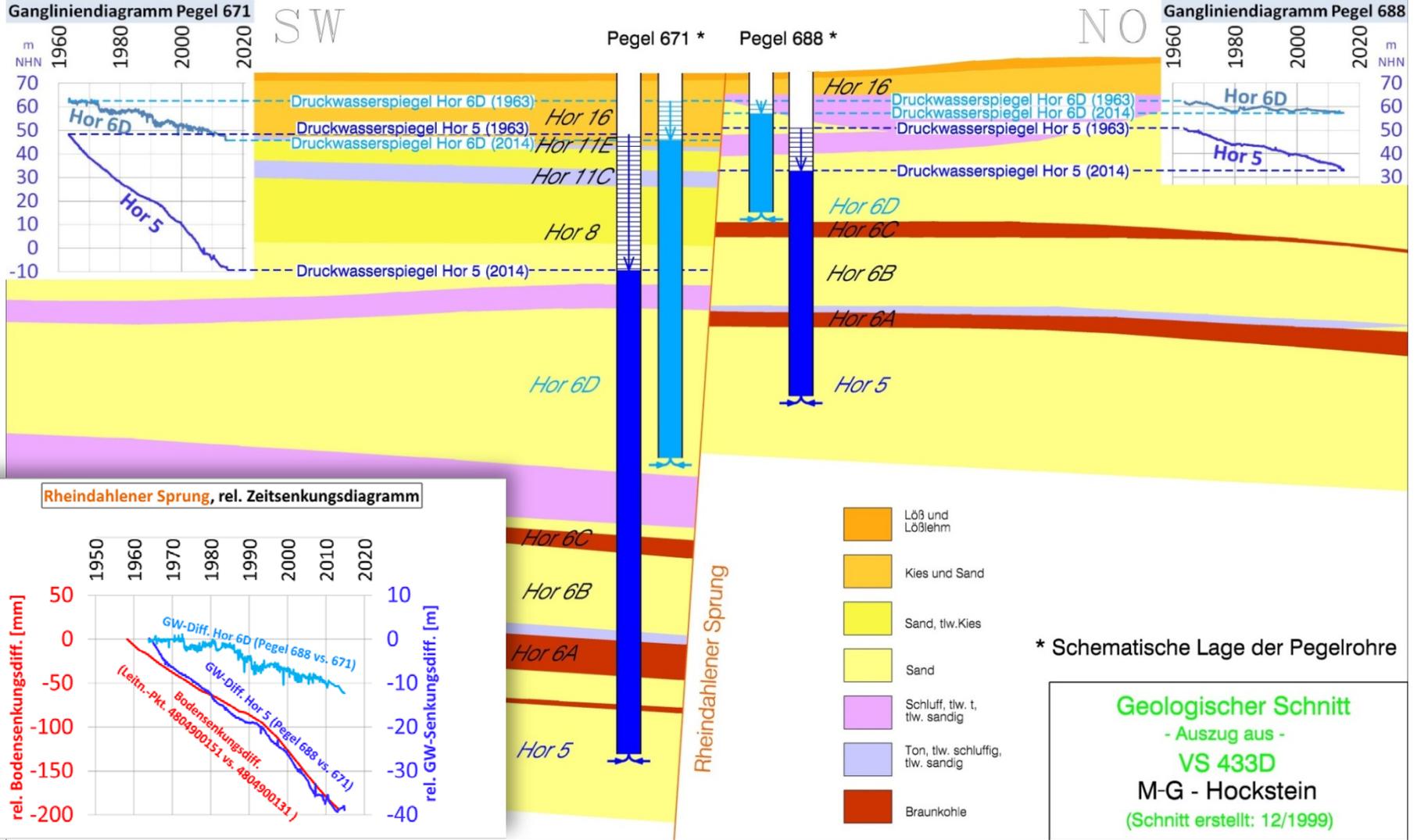
Beschreibung der Situation

Übersichtskarte mit Lage der Schnittpur im Bereich des Rheindahlener Sprungs



Beschreibung der Situation

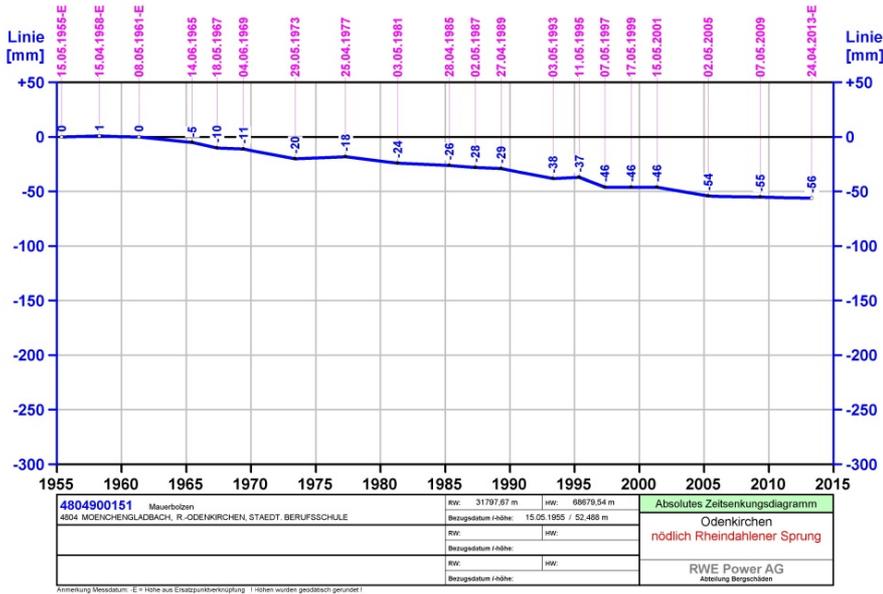
Geologie im Bereich des Rheindahlener Sprungs



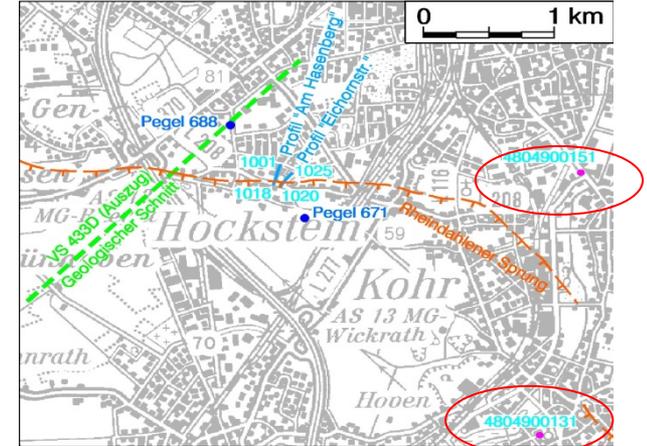
- Beschreibung der Situation
- Erfassung von Bodenbewegungen
- Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs
- Bewertung des Bewegungsablaufs aus Bergschadenssicht
- Zusammenfassung

Erfassung von Bodenbewegungen

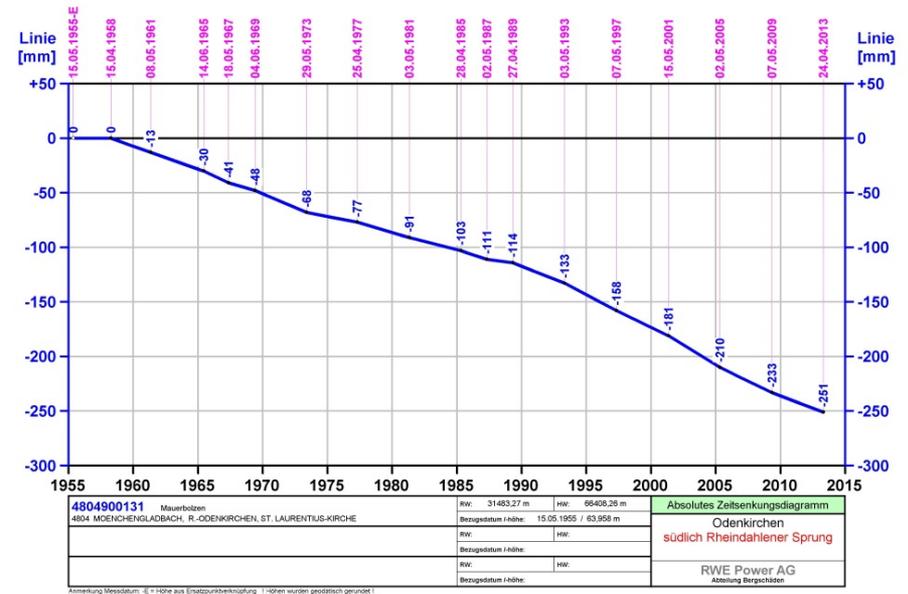
Absolute Zeitsenkungsdiagramme zweier Messpunkte am Rheindahlener Sprung



nördlich



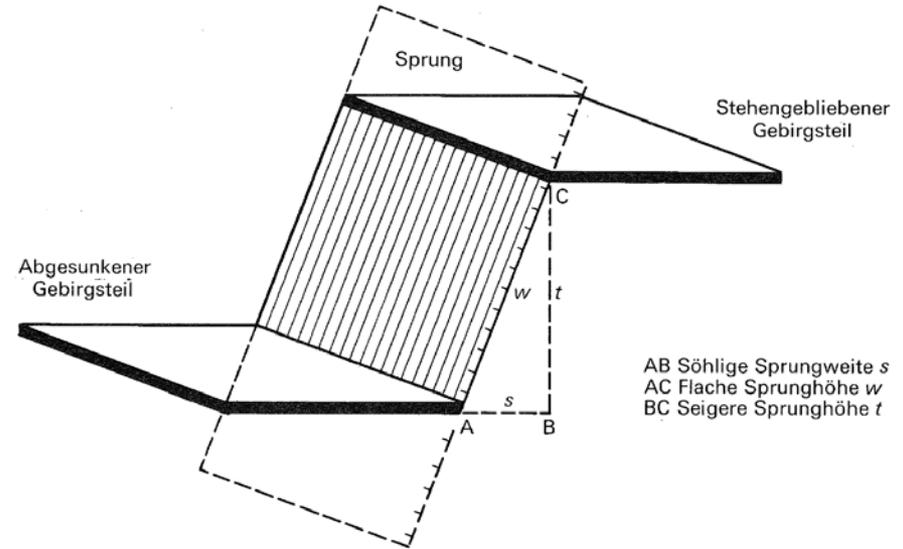
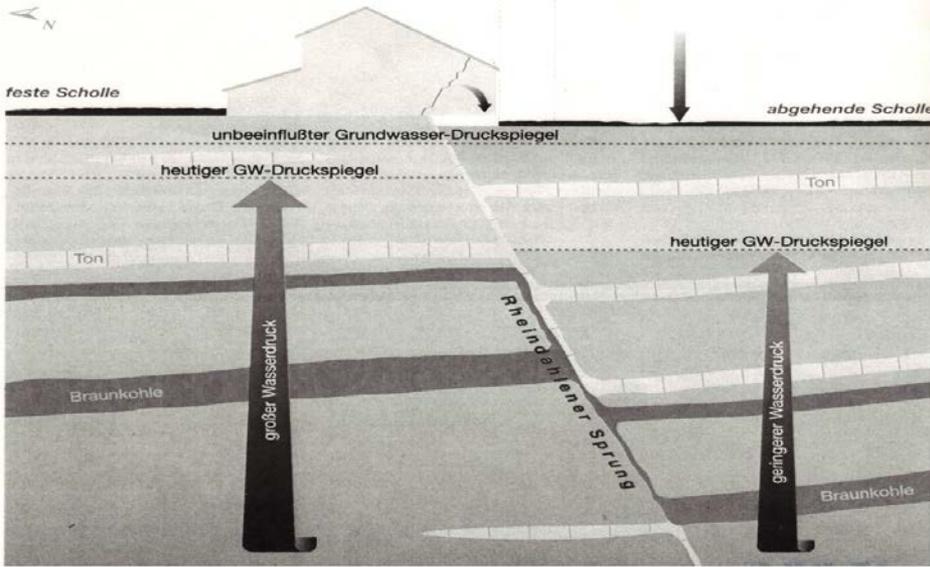
südlich



Erfassung von Bodenbewegungen

Mögliche Bodenbewegungen an einem hydrologisch wirksamen Sprung

Mögliche Bodenbewegungen am Rheindahlener Sprung

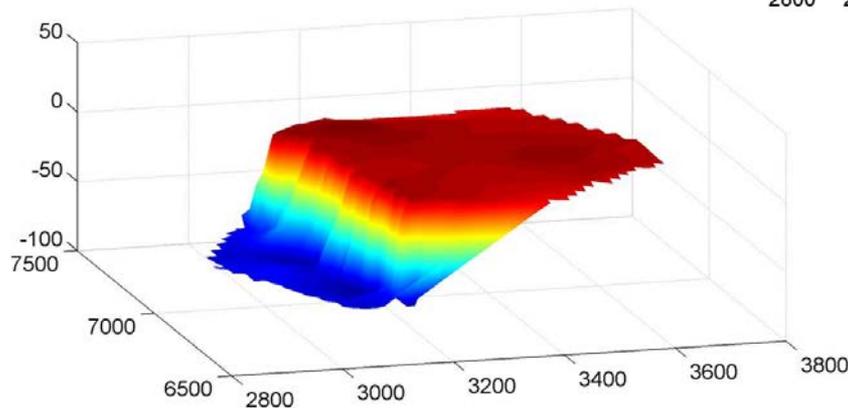
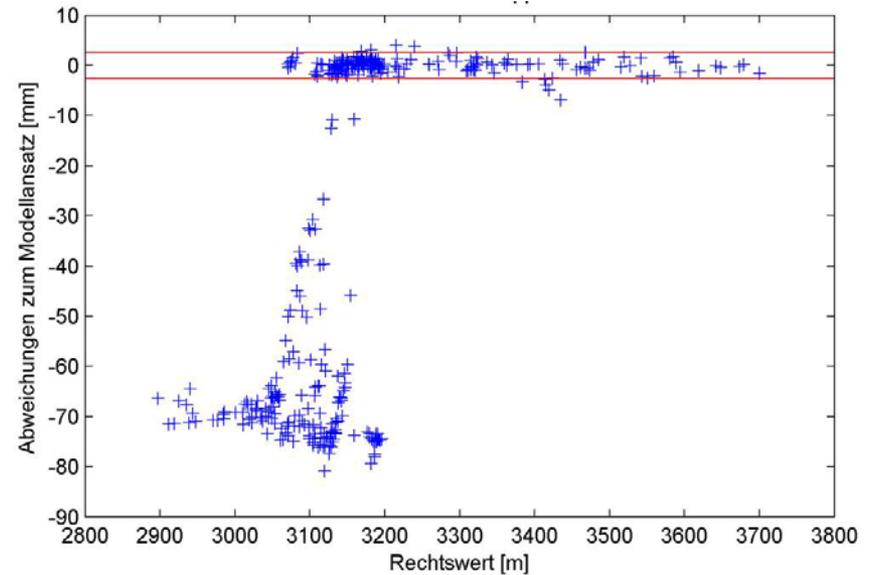


*Sprung als tektonische Verwerfung
gem. DIN 21921*

Erfassung von Bodenbewegungen

Modellierung erfasster Bodenbewegungen nach Kuhlmann

*Residuen bei dem Ansatz
mit einer Modellfläche*

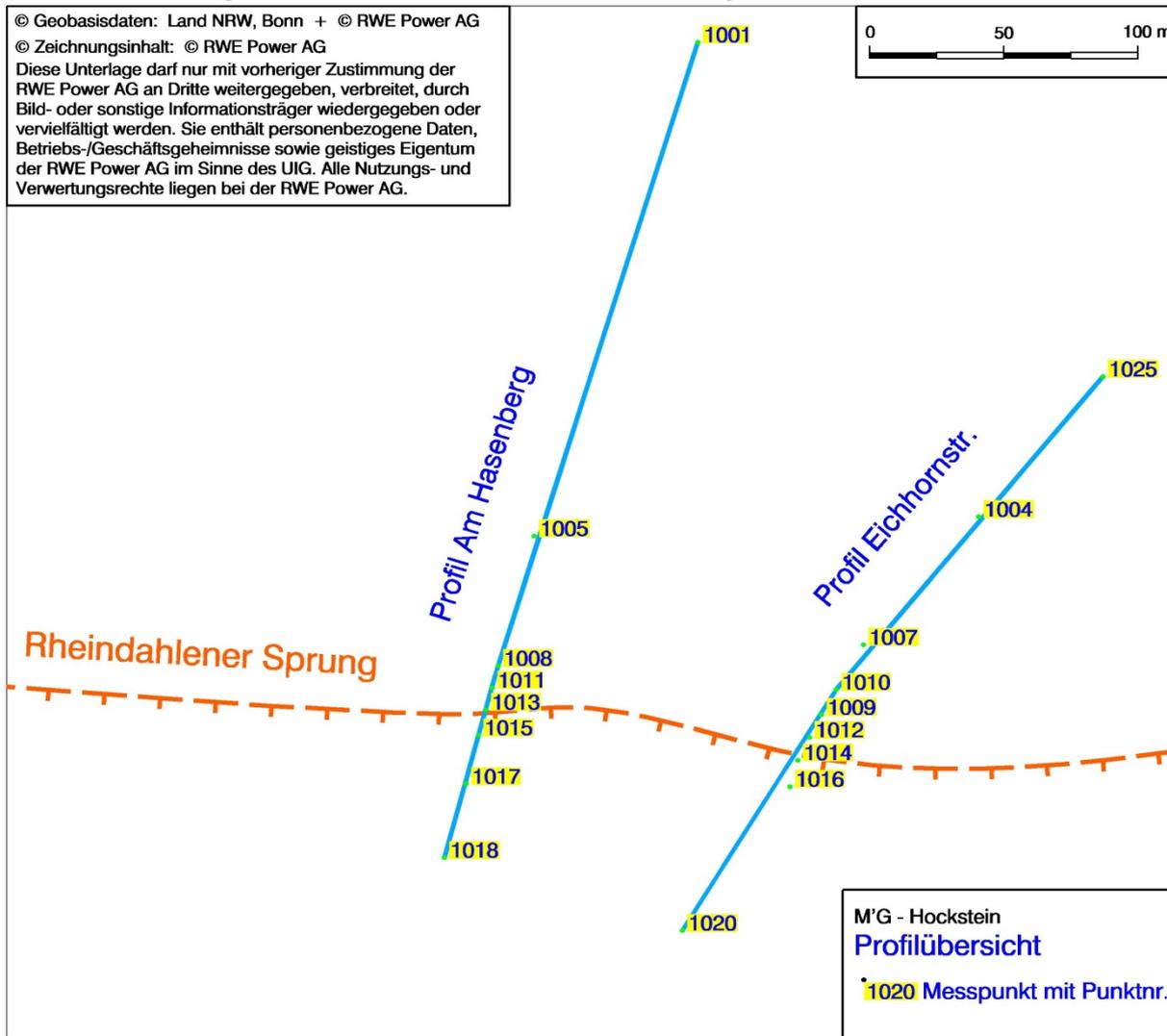


*Modellierung
mit zwei Modellflächen*

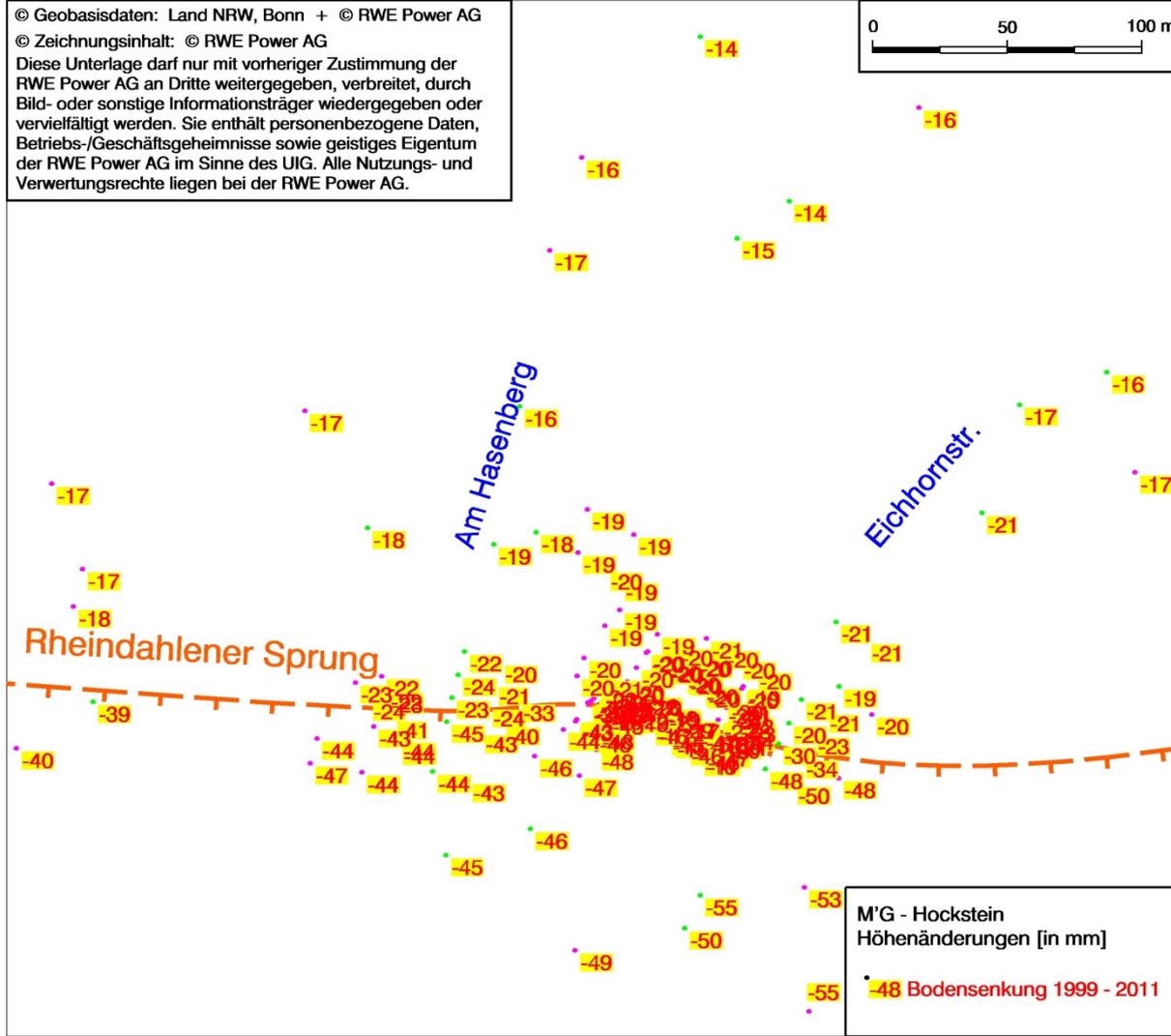
- Beschreibung der Situation
- Erfassung von Bodenbewegungen
- **Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs**
- Bewertung des Bewegungsablaufs aus Bergschadenssicht
- Zusammenfassung

Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs

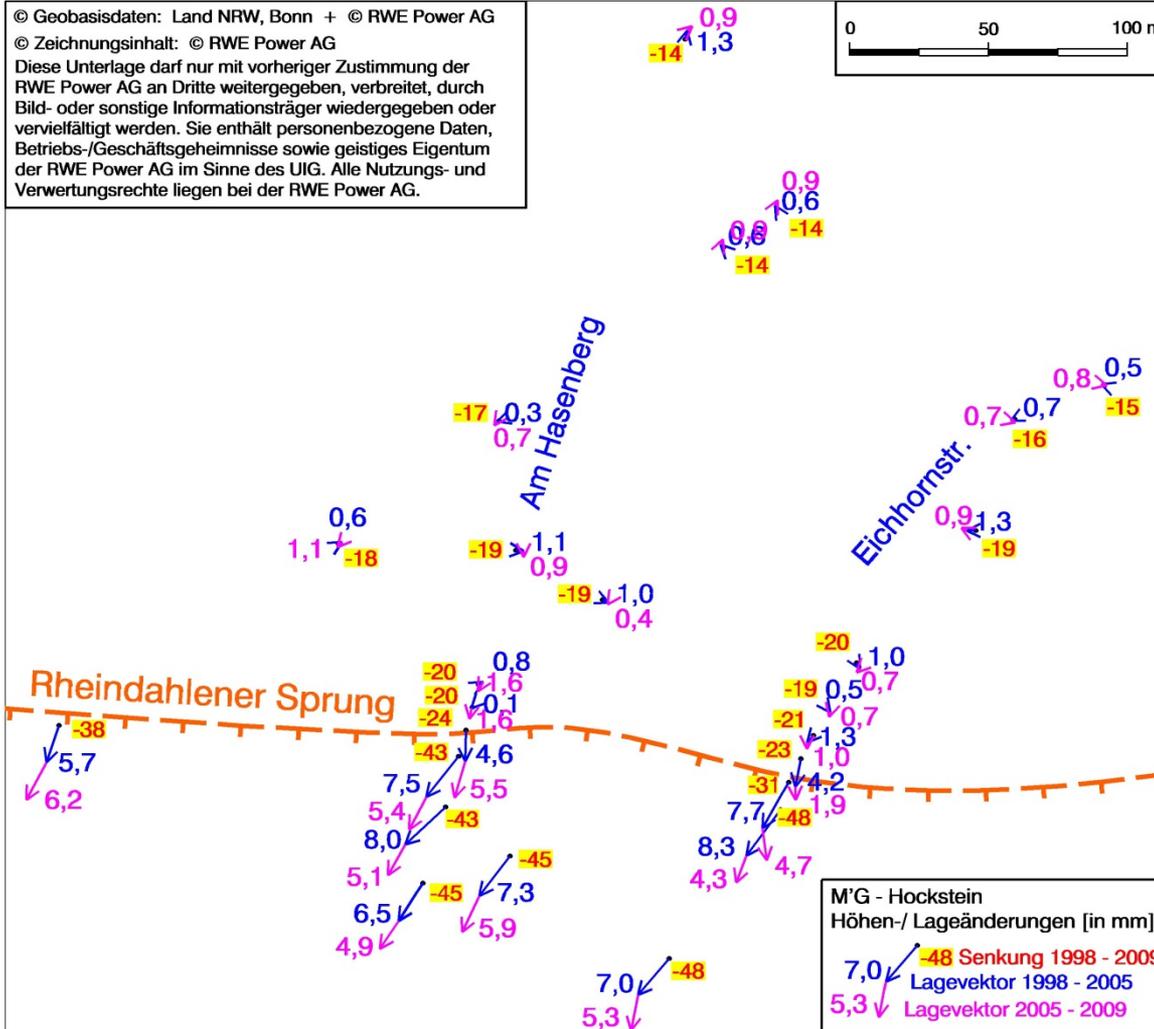
Hockstein, Beobachtungsprofile „Am Hasenberg“ und „Eichhornstr.“



Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs Hockstein, Bodensenkungen von 1999 bis 2011

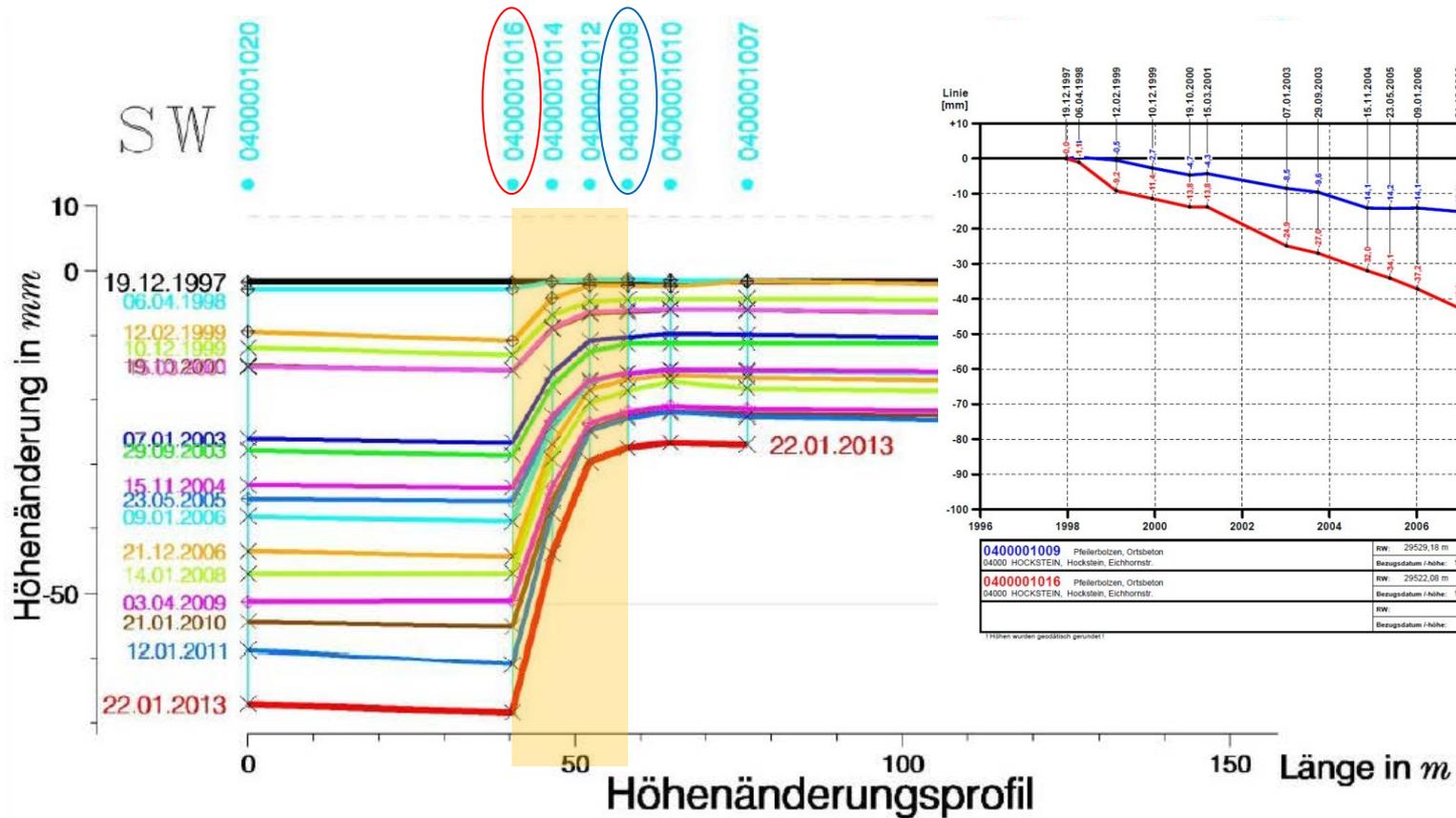


Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs Hockstein, Bodensenkungen mit Lageänderungen 1998 - 2009

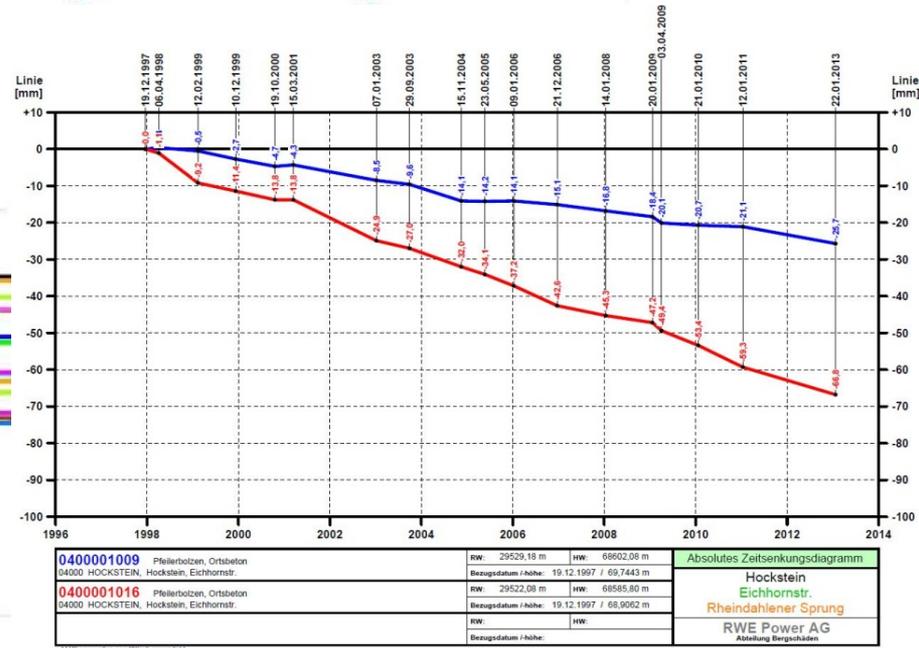


Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs

Hockstein, Höhenänderungsprofil Profil „Eichhornstr.“

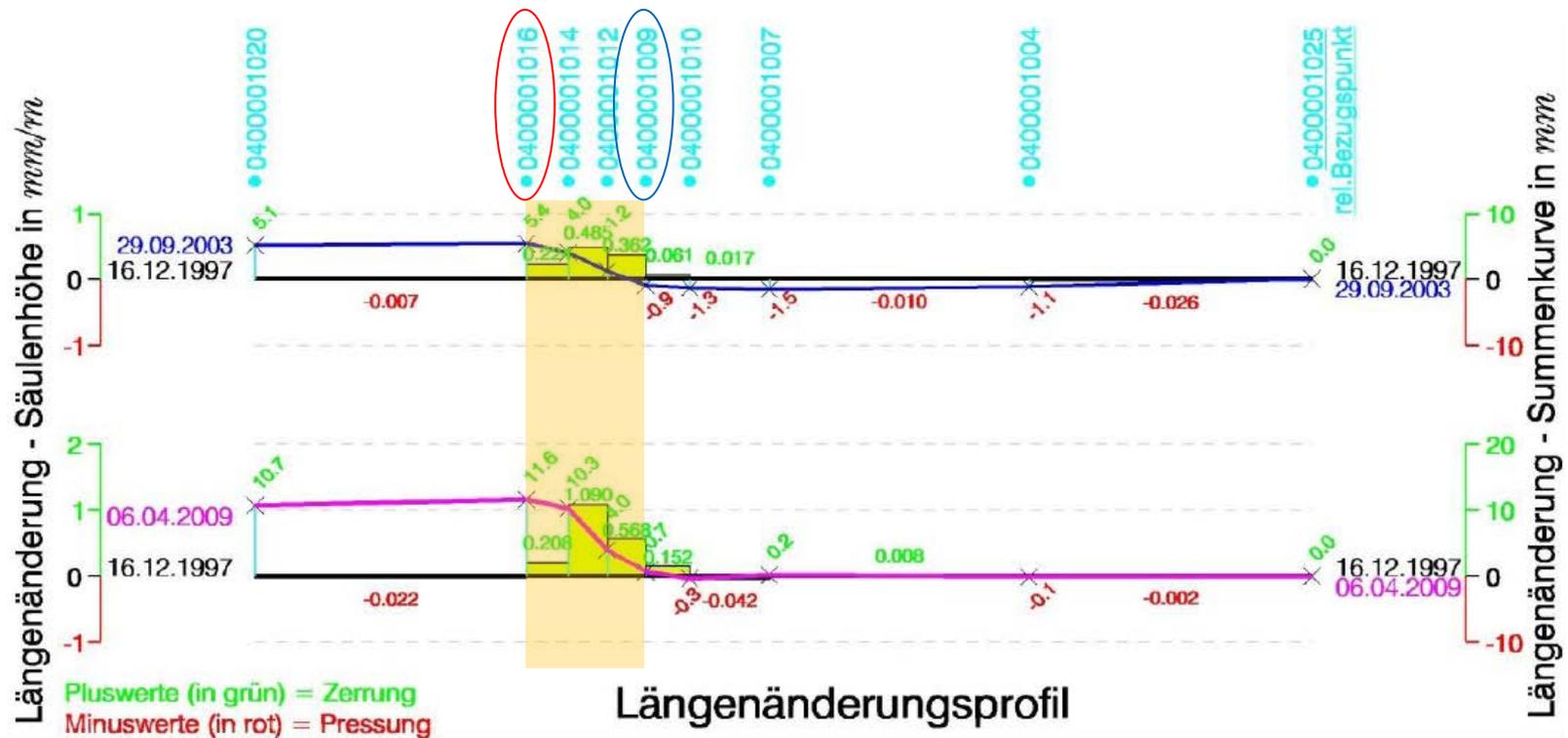


Absolutes Zeitsenkungsdiagramm



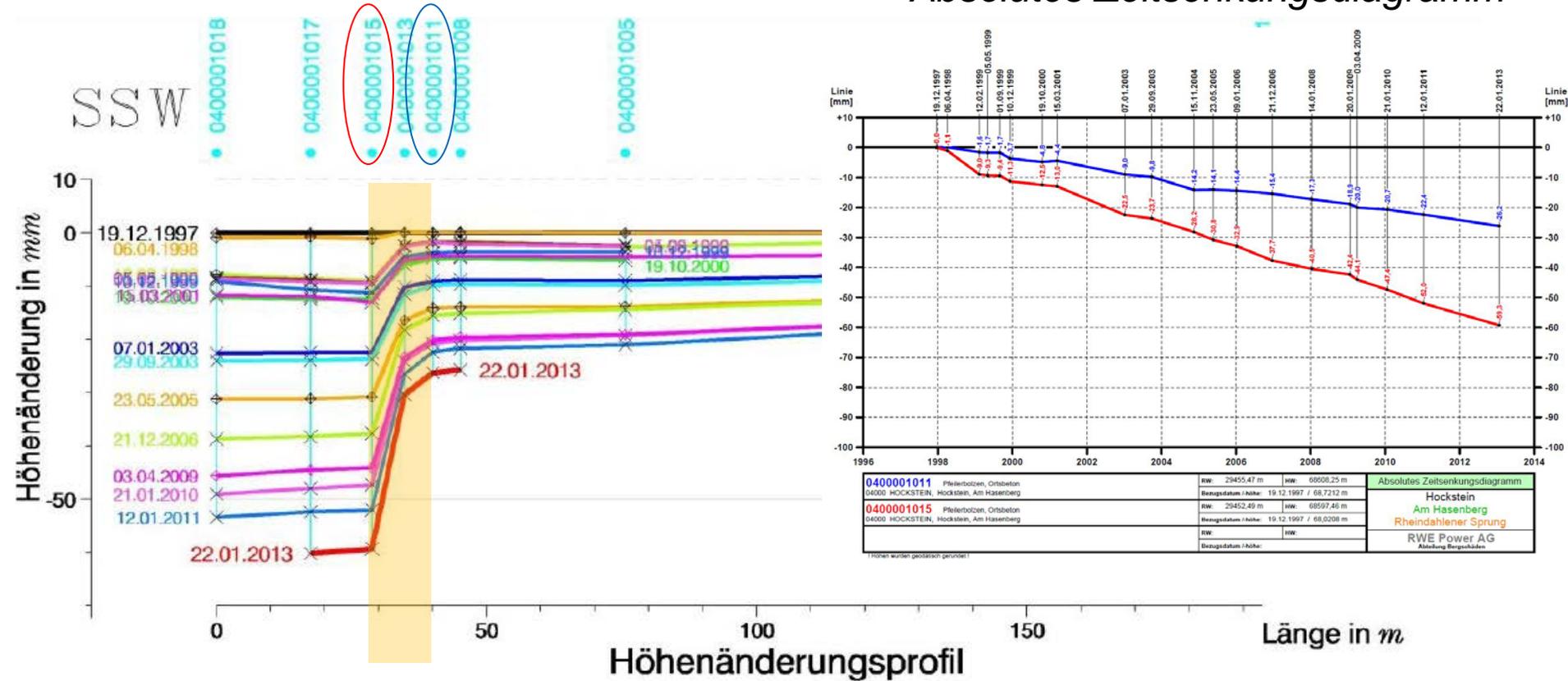
Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs

Hockstein, Längenänderungsprofil Profil „Eichhornstr.“



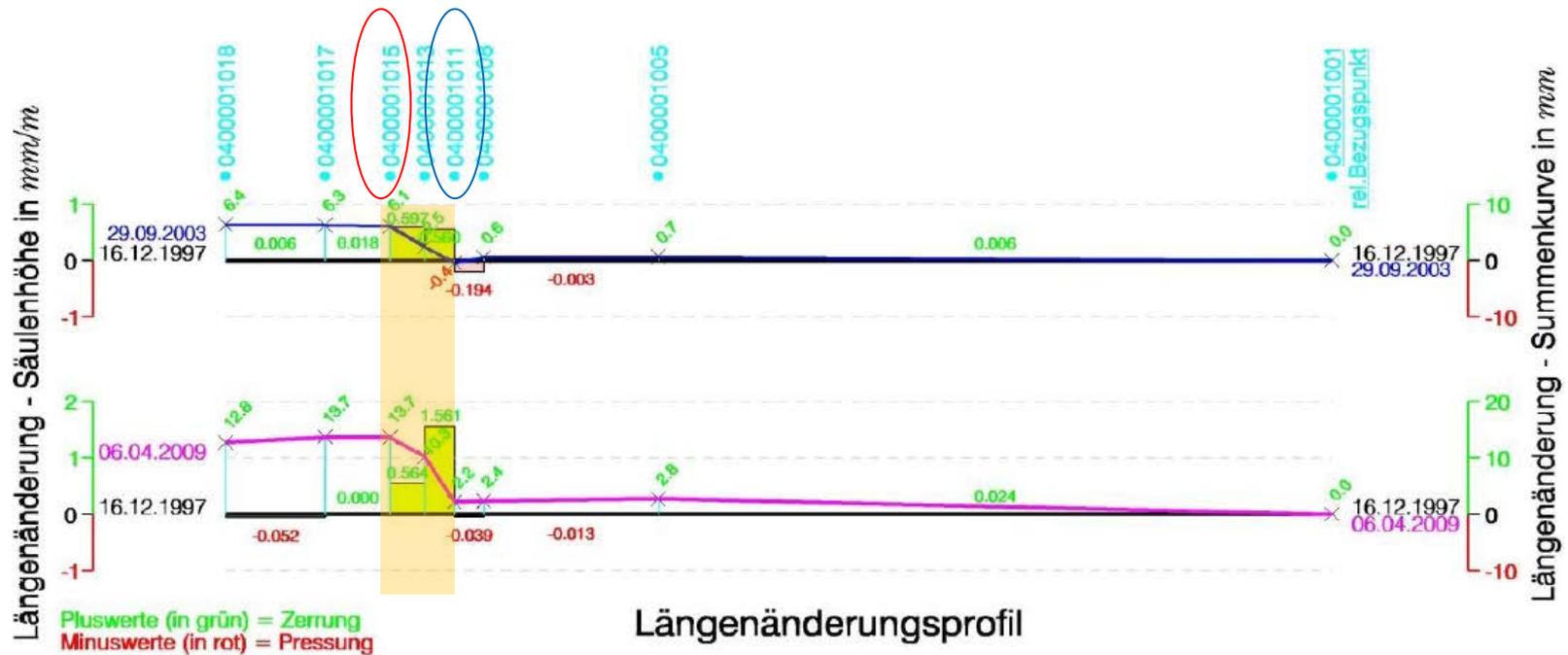
Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs Hockstein, Höhenänderungsprofil Profil „Am Hasenberg“

Absolutes Zeitsenkungsdiagramm

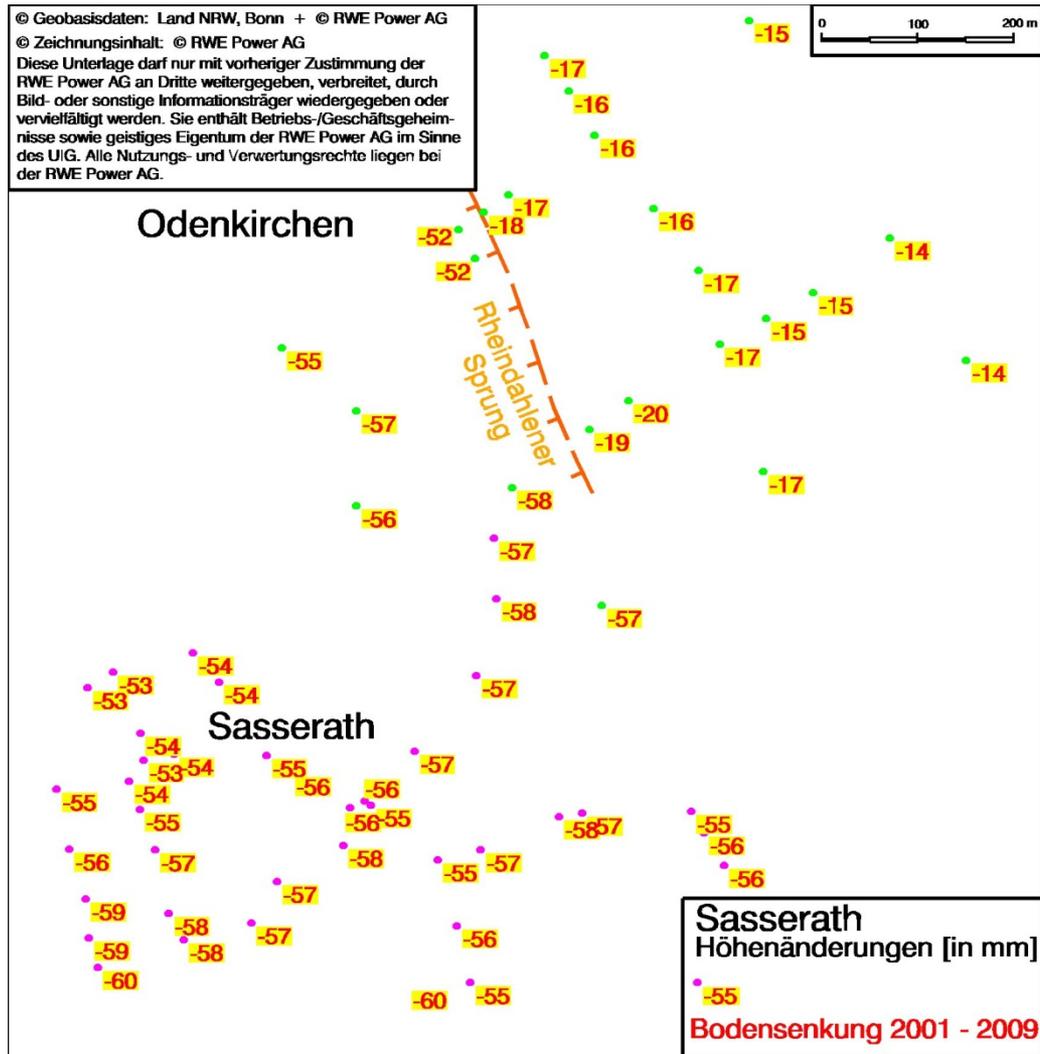


Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahleiner Sprungs

Hockstein, Längenänderungsprofil Profil „Am Hasenberg“

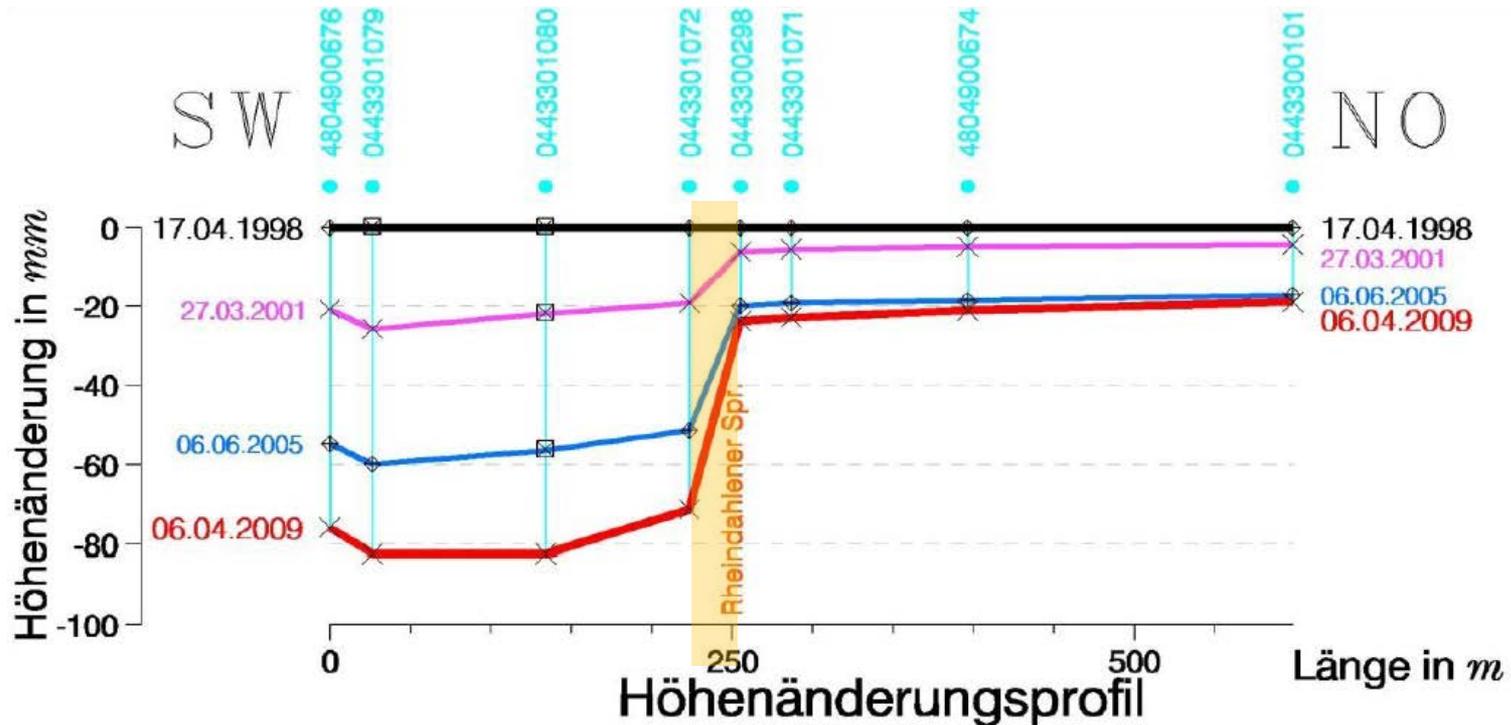


Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs Sasserath, Bodensenkungen 2001 bis 2009



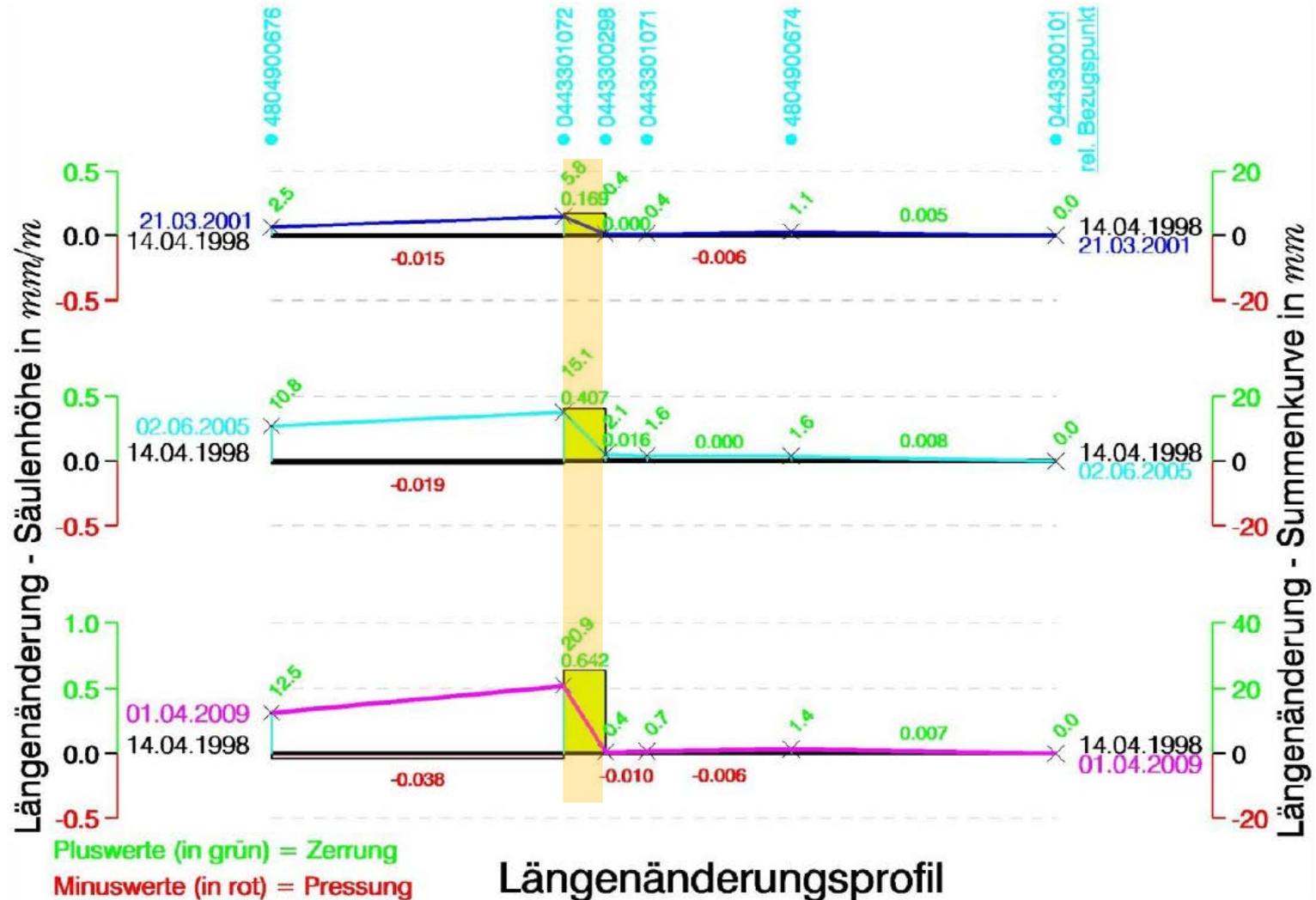
Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs

Sasserath, Höhenänderungsprofil Profil „Am Eierberg“



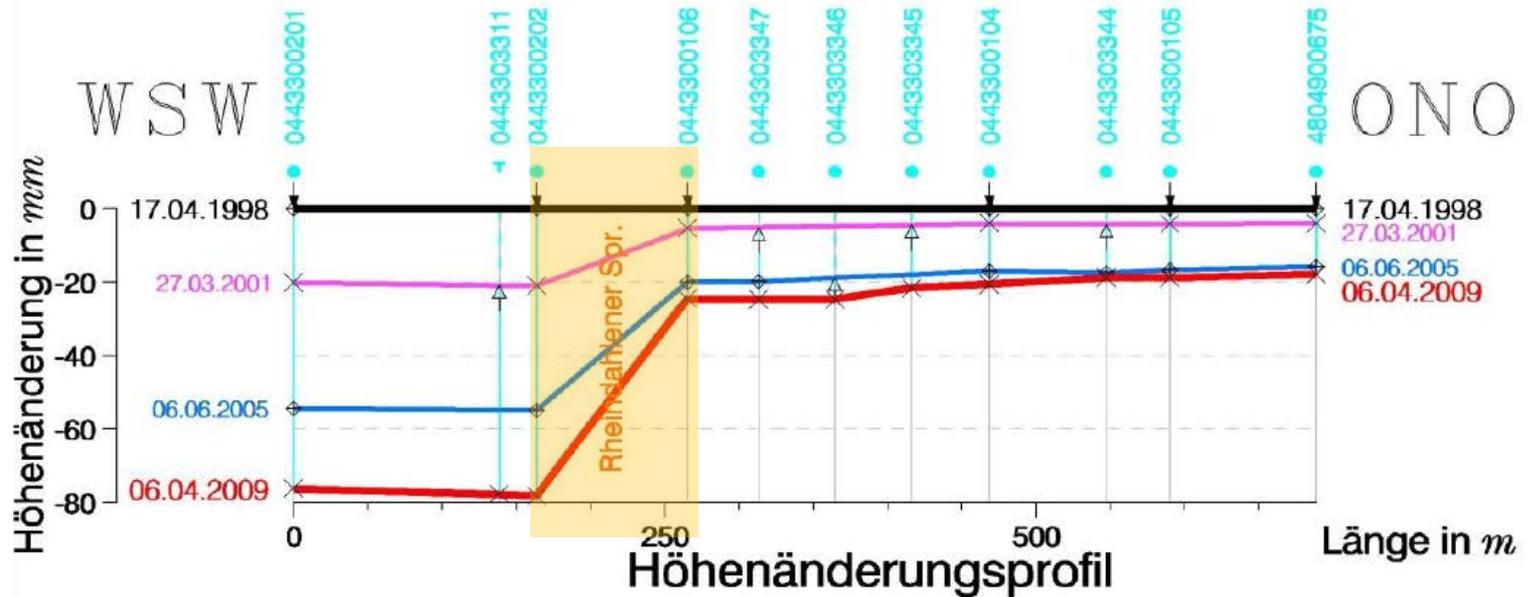
Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs

Sasserath, Längenänderungsprofil Profil „Am Eierberg“



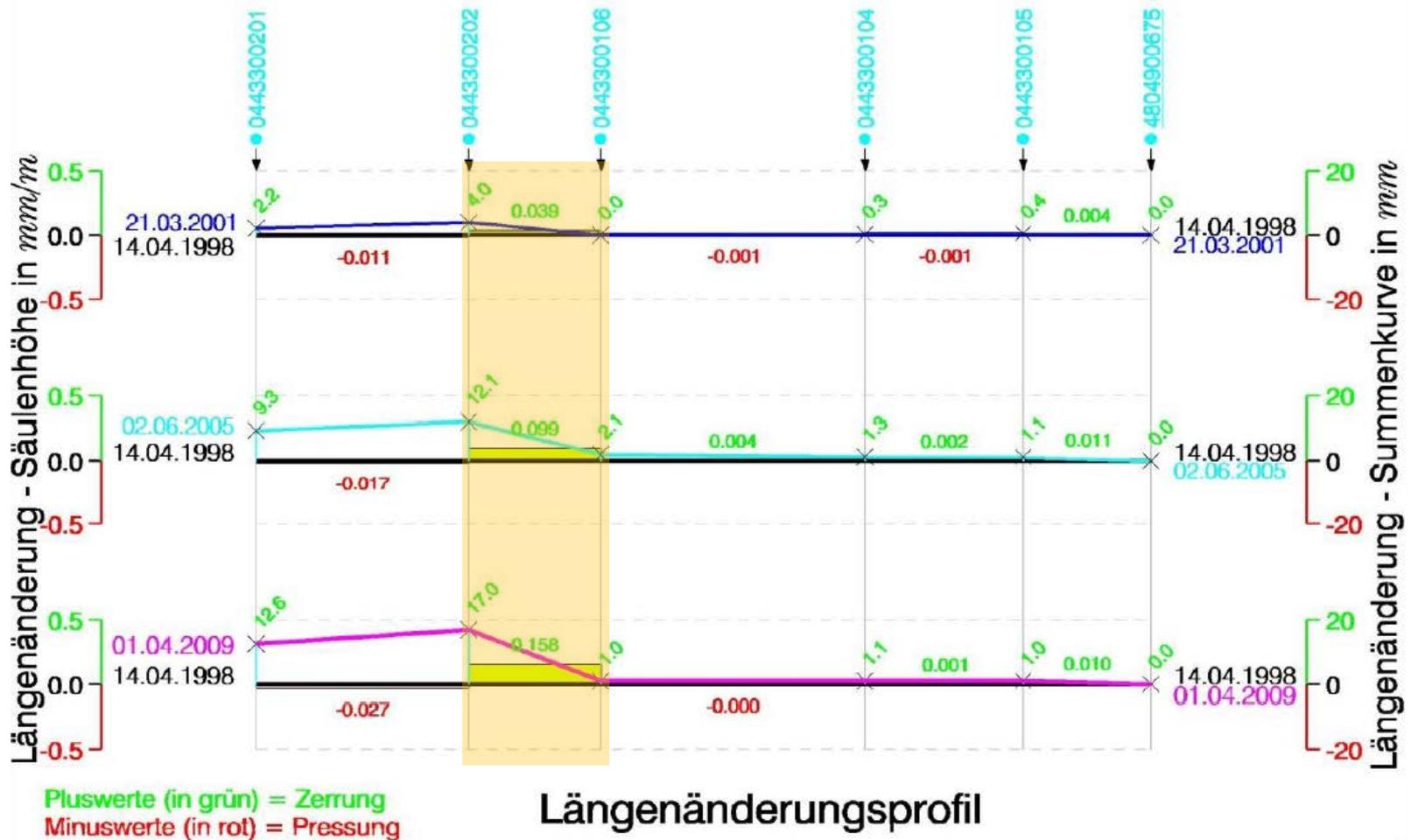
Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs

Sasserath, Höhenänderungsprofil Profil „Sasserath“



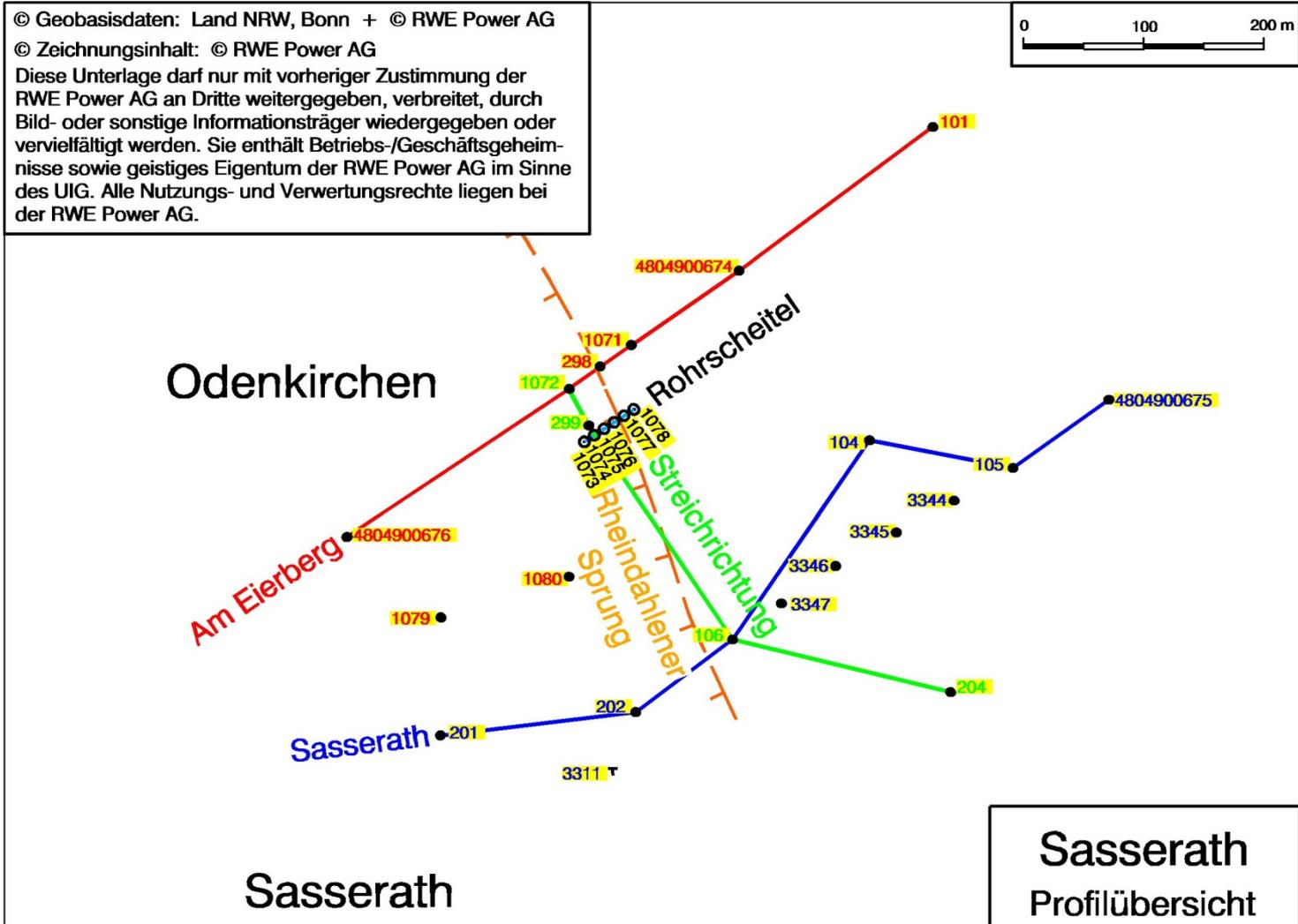
Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs

Sasserath, Längenänderungsprofil Profil „Sasserath“



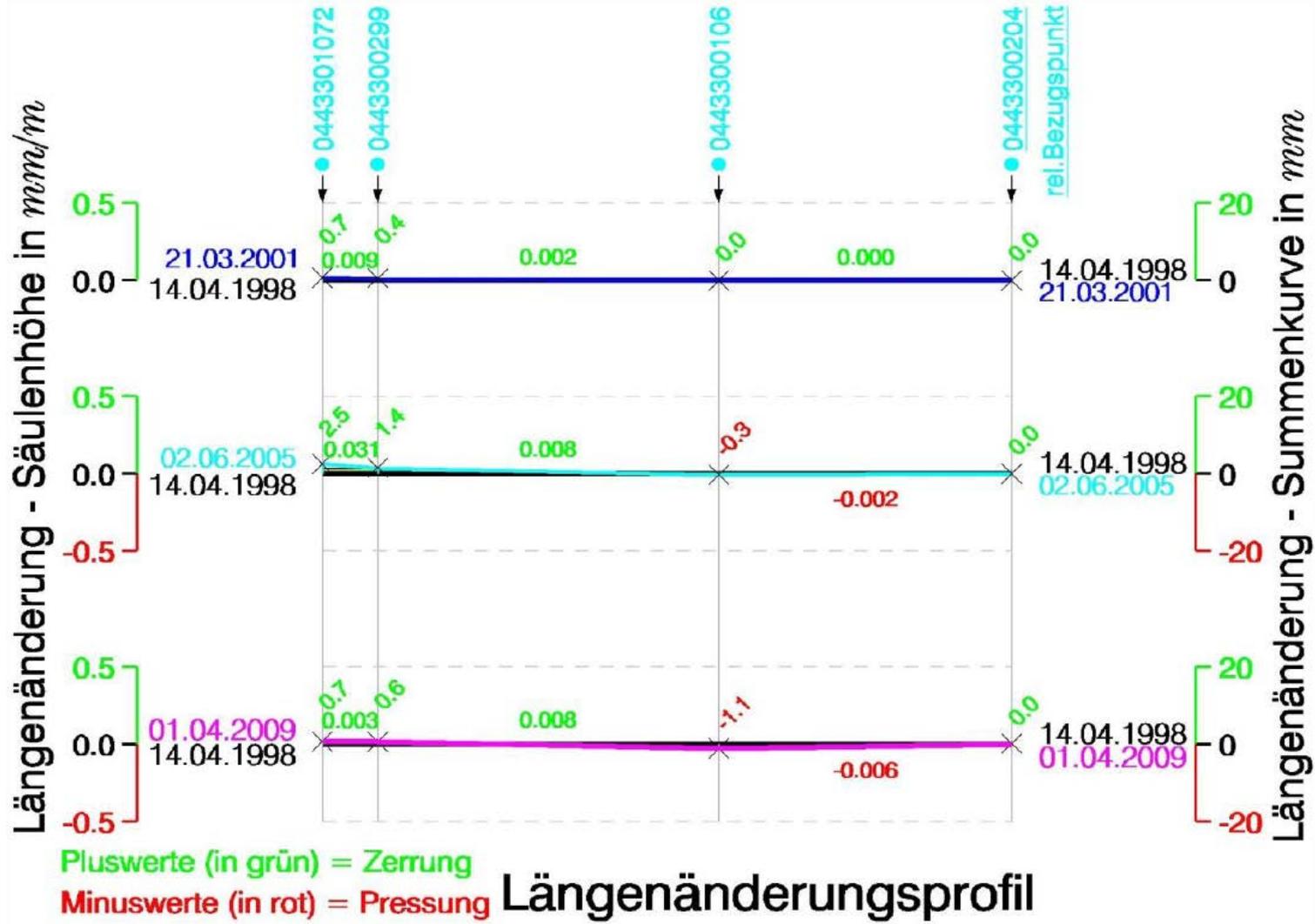
Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs

Sasserath, Lageplan Messprofile



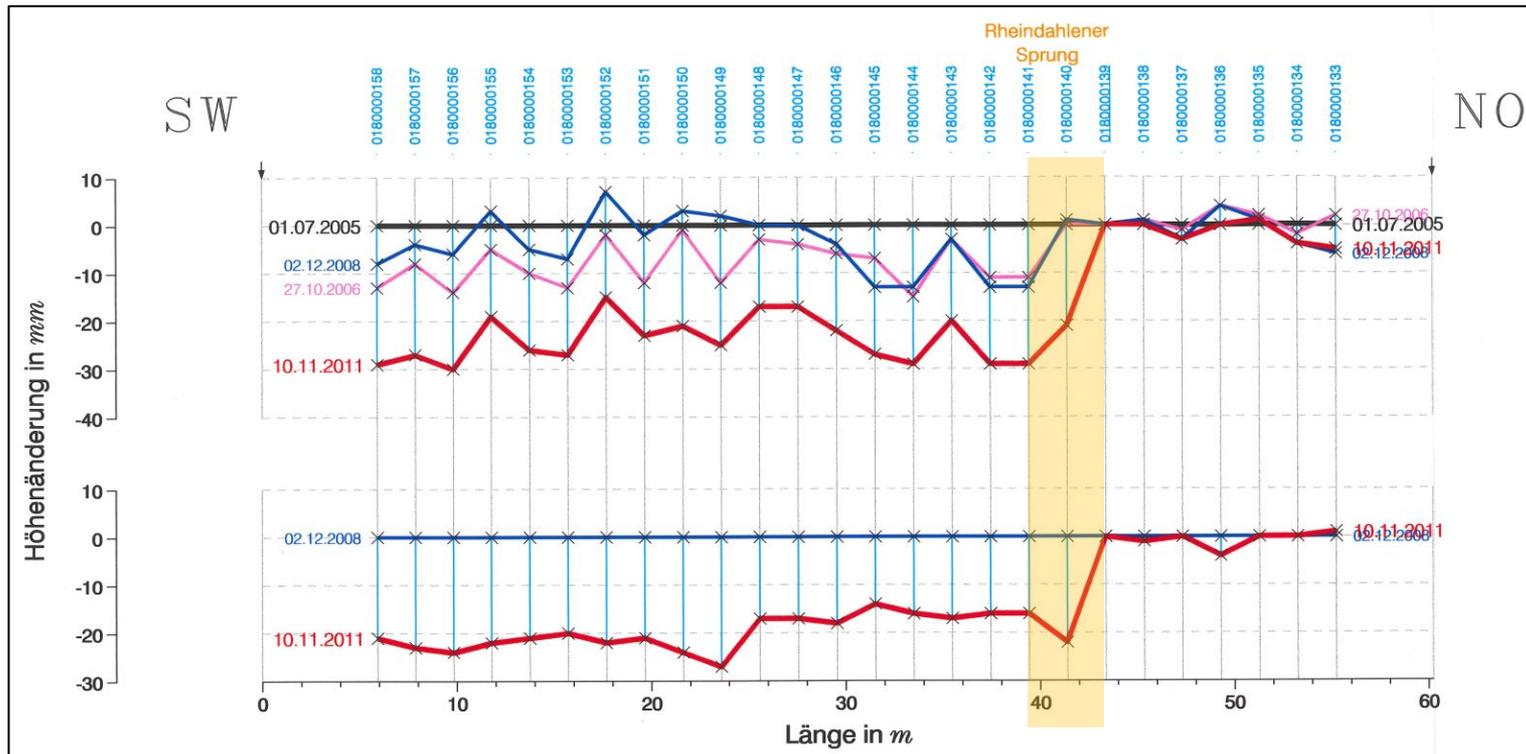
Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs

Sasserath, Längenänderungsprofil Profil „Streichrichtung“



Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs

Sasserath, Höhenänderungen der Glözl-Messungen



Schlussfolgerungen aus den Analysen der Untersuchungsgebiete

Höhenänderungen

1. Die Höhenänderungen außerhalb des durch den Rheindahlener Sprung beeinflussten Bereichs
 - sind großräumig und gleichförmig
 - sind kontinuierlich über den gesamten Beobachtungszeitraum
 - alle Profile liefern ähnliche Aussagen
 2. Der durch den Rheindahlener Sprung beeinflusste Bereich lässt sich anhand der Messergebnisse auf eine enge Störungsbreite eingrenzen:
 - Bereich Hockstein: 11 m bzw. 18 m
 - Bereich Sasserath: 30 m; verdichtet auf ca. 4 m (Glözl-Messung)
- **Die Bodenbewegungen am Rheindahlener Sprung zeigen sich generell als ein räumlich eng begrenzter Vertikalversatz in Form einer Schollenabsatzbewegung**

Schlussfolgerungen aus den Analysen der Untersuchungsgebiete

Lage- und Längenänderungen

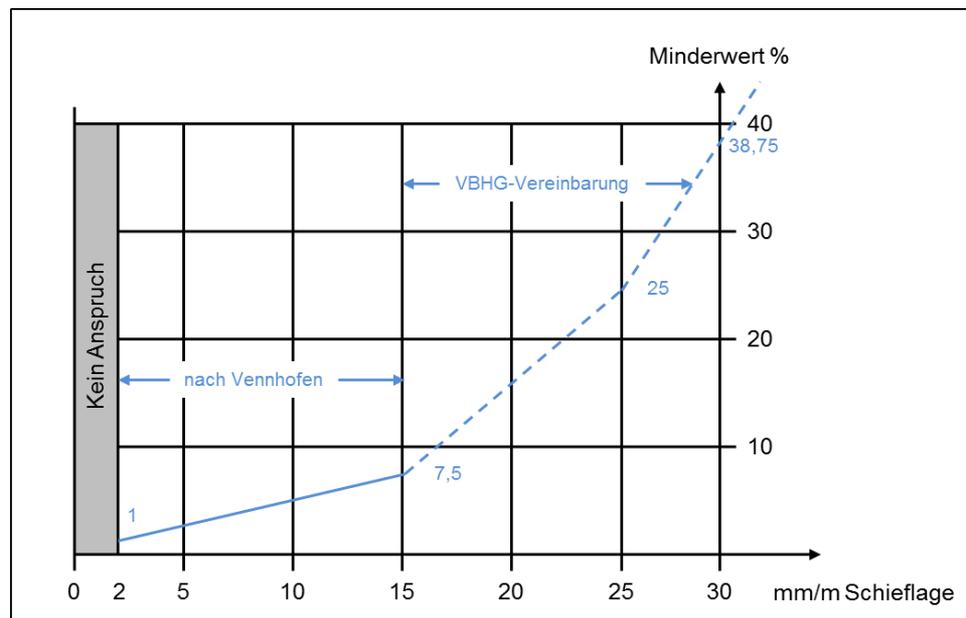
3. Eine Bodenbewegung in Form einer Blattverschiebung tritt in den Untersuchungsgebieten am Rheindahlener Sprung nicht auf
Die vorliegenden Messungen dokumentieren ausnahmslos ein Abschieben der abgehenden Scholle rechtwinklig zum Streichen der Störung
4. Die Längenänderungen außerhalb des durch den Rheindahlener Sprung beeinflussten Bereichs unterstreichen die homogene Schollenabsatzbewegung:
 - Die Längenänderungen auf der festen Scholle des Rheindahlener Sprunges liegen offensichtlich im Grenzbereich der Signifikanz
 - Die Längenänderungen auf der abgehenden Scholle des Rheindahlener Sprunges sind von der Größenordnung gleichmäßig und unkritisch
 - Nur im eng einzugrenzenden Störzonenbereich des Rheindahlener Sprungs treten als Sekundärererscheinungen zum Vertikalversatz abhängig korrelierende Längenänderungen auf

- Beschreibung der Situation
- Erfassung von Bodenbewegungen
- Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs
- Bewertung des Bewegungsablaufs aus Bergschadenssicht
- Zusammenfassung

Bewertung des Bewegungsablaufs aus Bergschadenssicht

Schieflagen; Berechnung eines Minderwertes durch Schiefelage nach VBHG

- Bergschadenrelevante Größenordnungen von Schieflagen werden in dem Untersuchungsgebiet außerhalb der Störzone nicht erreicht.
- Im Bereich der eng begrenzten Störzone sind jedoch auf Objekte bezogene Schieflagen in bergschadensrelevanten Größenordnungen möglich und dann in Einzelfalluntersuchungen zu betrachten.



Bewertung des Bewegungsablaufs aus Bergschadenssicht

Krümmungen; Zulässige Grenzradien in km für Rissbildungen in tragenden Wänden

- Bergschadenrelevante Größenordnungen von Krümmungen werden im Allgemeinen bei homogenen und gleichförmigen Senkungen nicht erreicht.
- Innerhalb der eng begrenzten Störzone sind Krümmungen im Zweifelsfall objektbezogen in Einzelfalluntersuchungen zu betrachten.

Bauwerkslänge [m]	Geschoßanzahl	Bauwerksaussteifung in Krümmungsebene	Muldenlage (Biegung)		Sattellage (Biegung)		Vergleich Skempton/MacDonald (Winkelverdrehung)	
			MW	StB	MW	StB	1/500	1/300
10	2 - 2,5	Ja	3,7	3,7 - 6,0	8,0	11,0 - 17,0	1,3	0,7
10	2 - 2,5	Nein	5,7	-	18,0	-	1,3	0,7
12	2		5,0	-	10,0	-	1,5	0,9
20	2 - 2,5	Ja	4,0	5,2 - 8,4	8,0	12,0 - 18,5	2,5	1,5
20	2 - 2,5	Nein	10,0	-	~ 30,0	-	2,5	1,5
30	2 - 2,5	Ja	4,0	5,7 - 8,8	8,0	12,0 - 18,5	3,8	2,3
30	2 - 2,5	Nein	11,5	-	~ 30,5	-	3,8	2,3
50	3 - 3,5	Ja	4,0	6,0 - 9,2	8,0	12,0 - 18,5	6,3	3,8
50	3 - 3,5	Nein	12,0	-	~ 31,5	-	6,3	3,8

(MW: Mauerwerk, StB: Stahlbeton)

	Rissvermeidung		Erhalt Gebrauchsfähigkeit	
	Sattellage	Muldenlage	Sattellage	Muldenlage
Rausch	> 10	> 5	4	2,5
Schürken/Finke			4	2
Sroka Kategorie 2			12	(6)
Sroka Kategorie 3			6	(3)
Pohl 10 m	(12)	6		
Kratzsch 60 10 m			(1,2)	0,6
GBT 1/800 10 m			(2)	1,0
Grundbau TB 10 m	5,0	2,5	3,0	1,5
Bjerrum 10 m	2,5	1,3	1,5	0,8
Eurocode 7-1				
B&W 10 m, LH 1	6,3	3,1		
B&W 10 m, LH 2,5	4,5	2,3		
B&W 10 m, LH 5	3,1	1,6		
B&B tragend 10 m	10,0	5,0		
B&B nichttragend 10 m	5,0	2,5		
Pohl 50 m	(24)	12		
Kratzsch 60 50 m			(6)	3,0
GBT 1/800 10 m			(10)	5,0
Grundbau TB 50 m	25,0	12,5	15,0	7,5
Bjerrum 50 m	12,5	6,3	7,5	3,8
Eurocode 7-1				
B&W 50 m, LH 1	31,3	15,6		
B&W 50 m, LH 2,5	22,5	11,3		
B&W 50 m, LH 5	15,6	7,8		
B&B tragend 50 m	50,0	25,0		
B&B nichttragend 50 m	25,0	12,5		

Bewertung des Bewegungsablaufs aus Bergschadenssicht

Bergschadenrelevante horizontale Längenänderungen

- Bergschadenrelevante Größenordnungen von Längenänderungen außerhalb der eng begrenzten Störzone konnten in den betrachteten Untersuchungsgebieten nicht festgestellt werden.
- Innerhalb der eng begrenzten Störzone liegende längenänderungsempfindliche Objekte sind in Einzelfalluntersuchungen zu betrachten.

Empfindlichkeitsklasse	Grenzwert nach Pohl	Internationales Mittel
0	0,5 mm/m	0,67 mm/m
1	1,5 mm/m	1,92 mm/m
2	3,0 mm/m	3,58 mm/m
3	6,0 mm/m	6,08 mm/m
4	9,0 mm/m	9,17 mm/m

Empfindlichkeitsklasse 0: Monumentale historische Bauwerke, Kathedralen, Chemieanlagen, Großkraftwerke

Empfindlichkeitsklasse 1: Industrieanlagen, öfftl. Gebäude, Theater, Kirchen, Baudenkmäler, Hochdruckgasleitungen

Empfindlichkeitsklasse 2: gelockerte städtische Bebauung, Bahngleise, Rohrleitungen

Empfindlichkeitsklasse 3: Flachbauten, Straßen, Kabel

Empfindlichkeitsklasse 4: gesicherte Bauwerke

Bewertung des Bewegungsablaufs aus Bergschadenssicht

Vertikalversatz

- Ein Vertikalversatz ist ein Auftreten unterschiedlicher Höhenänderungen in einem eng begrenzten Bereich an einer Störzone (geringe Punktabstände)
- Höhenänderungen außerhalb solcher eng begrenzten Bereiche treten i.Allg. als Schieflogen und nicht als Vertikalversätze auf (größere Punktabstände)
- Da Vertikalversätze sehr kleinräumig auftreten, bedeuten sie für davon betroffene Objekte ein hohes Potential für einen Substanzschaden, während nicht davon betroffene, benachbarte Objekte unbeschädigt bleiben können
- Schadensfälle eines Vertikalversatzes müssen daher immer als Einzelfalluntersuchung betrachtet werden
- Größenordnungen ab denen ein Vertikalabsatz als bergschadenrelevant einzustufen ist, sind in der Literatur nahezu unbekannt

- Beschreibung der Situation
- Erfassung von Bodenbewegungen
- Bewegungsablauf im Störungsbereich des Rheindahlener Sprungs
- Bewertung des Bewegungsablaufs aus Bergschadenssicht
- Zusammenfassung

Zusammenfassung

Wesentliche Ergebnisse der Untersuchungen

- Bei den in den Untersuchungsgebieten auftretenden Verwerfungen handelt es sich ausschließlich um Sprünge. Eine Bodenbewegung in Form einer Blattverschiebung kann ausgeschlossen werden.
- Außerhalb der eng begrenzten Störzone sind die gemessenen Höhenänderungen homogen und zeigen eine eindeutige Schollenabsatzbewegung (keine Schadensrelevanz für Gebäude).
- Die eigentliche Störzone in der gebäuderelevante Bodenbewegungen auftreten können, kann aufgrund der Höhenmessungen in den ausgesuchten Messprofilen sehr gut eng eingegrenzt werden.

Zusammenfassung

Wesentliche Ergebnisse der Untersuchungen

- Die Bewegungsabläufe innerhalb der eng begrenzten Störzonen sind im Wesentlichen Senkungen und zu einem kleineren Teil Lageänderungen (vertikale / horizontale Anteile der räumlichen Bewegung) ...
 - die Senkungsunterschiede treten in Form eines eng begrenzten Vertikalversatzes, der ein signifikantes Schadenspotential besitzt, auf.
 - die Höhenänderungen sind signifikant. Daraus berechnete Krümmungsradien können im Störungsbereich, bezogen auf die kurzen Distanzen, für Gebäude bergschadensrelevant sein.
 - die Lageänderungen sind signifikant und verlaufen in Einfallrichtung des Sprungs. Die daraus berechneten relativen Längenänderungen können im Störungsbereich für Gebäude bergschadensrelevante Größenordnungen erreichen.

Kernaussage:

Innerhalb der eng begrenzten Störzone ist von Fall zu Fall eine Einzelbetrachtung des Objektes in der jeweiligen Situation vor Ort erforderlich.

Zusammenfassung

Künftige Messungen

- Die Bewegungen am Rheindahlener Sprung in den Untersuchungsgebieten sind noch nicht abgeschlossen, erkennbar an den weiterhin messbaren Bodenbewegungen.
- Die Untersuchungen am Rheindahlener Sprung zeigen, dass überwiegend vertikale Bewegungskomponenten auftreten.

Präzisionshöhenmessungen sind demnach geeignet das Bodenbewegungsverhalten einer solchen Störung in vergleichbaren Fällen sicher zu erkennen und zu dokumentieren.

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

Univ.Prof. Dr.-Ing. Axel Preuße

RWTH Aachen University
52056 Aachen