

# Geologische Untersuchungen von Baugrundhebungen im nördlichen Stadtgebiet von Böblingen (Hebungsgebiet „Nord“)

Dr. Rupert Prestel, Dr. Clemens Ruch  
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

12. Januar 2016



**Baden-Württemberg**  
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG  
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

## Chronologie:

- Ende **Bohrarbeiten EWS 1 und EWS 2** am 01.10.2008;  
**Schadensmitteilungen** ab 2011, vermehrt 2012; **Geodätische Messungen** ab 2013; **erste Auswertungen, erste Temp.- Messungen in EWS 1 und EWS 2**
- Behördlicher **Arbeitskreises** unter Vorsitz des LRA Böblingen ab 15. Januar 2014 mit **Erkundungsbeschluss**
- **Laserscan-Befliegung** und **erste flächenhafte Auswertung** 2014
- **Erkundung des Untergrundes** ab 13. Oktober 2014
- **Nachträgliche Abdichtung** der EWS 1 und EWS 2 im Zeitraum 2014-2015
- Vorlage des **Sachstandsberichts Hebungsgebiet „Nord“**,  
**Informationsveranstaltung** am 12. Januar 2016



A topographic map of the Böblingen region in Baden-Württemberg, Germany. The map shows a complex terrain with numerous hills and valleys, colored in shades of green and brown to indicate elevation. A large blue lake is visible in the lower right quadrant. The title 'Hebungen des Geländes und deren Messung' is overlaid in the center in a bold, dark red font.

## Hebungen des Geländes und deren Messung



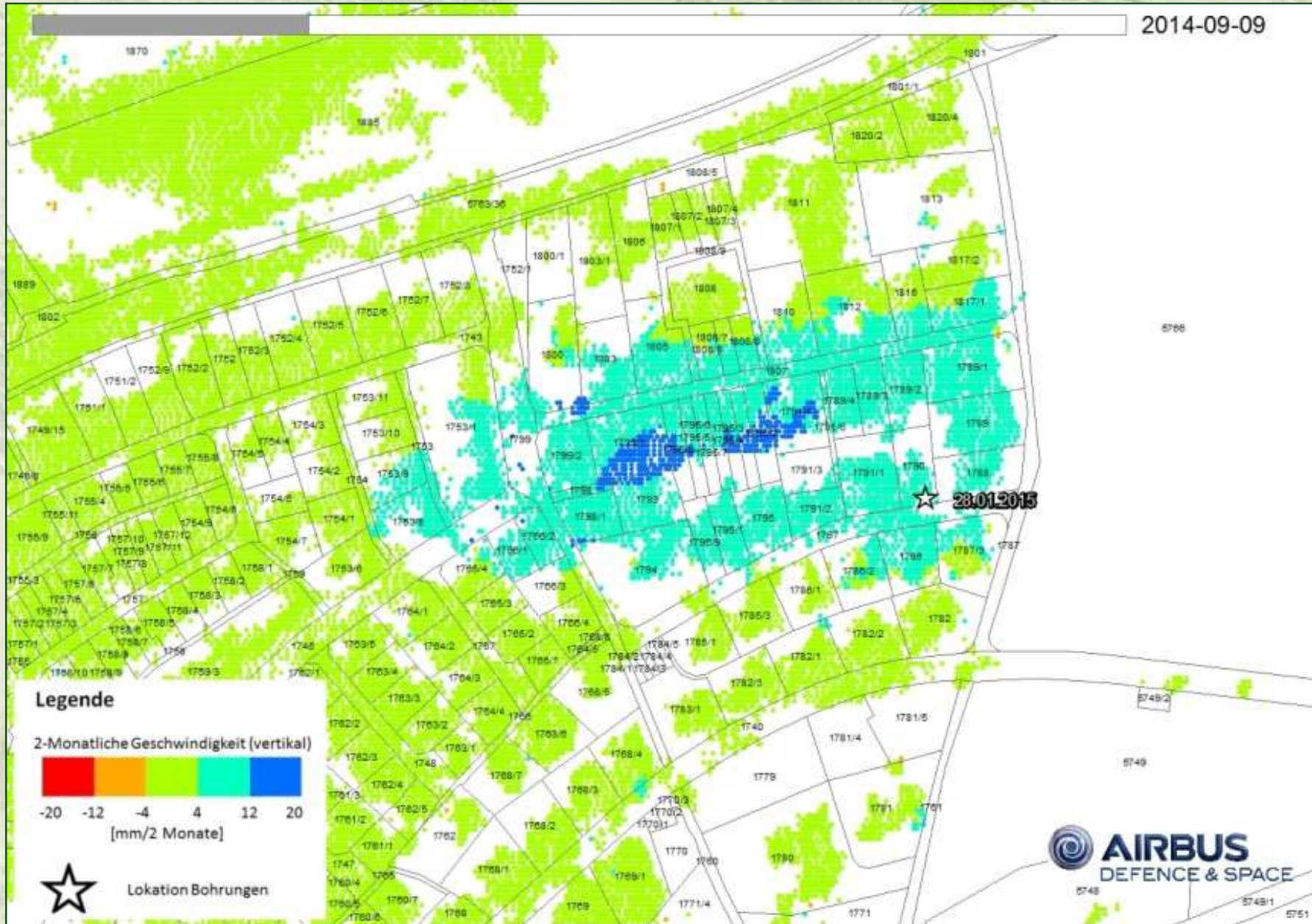
## Messung von Geländeänderungen:

- Geodätische Feinnivellements (Fa. intermetric GmbH)
- Differenzbildungen des hochauflösenden Digitalen Geländemodells (LGRB)
- Radarinterferometrie (Fa. Airbus Defence and Space)

Geodätisches Messpunktenetz mit seit 21. August 2013 insgesamt 26 Höhenmesspunkten (einschließlich des Referenzmesspunktes)

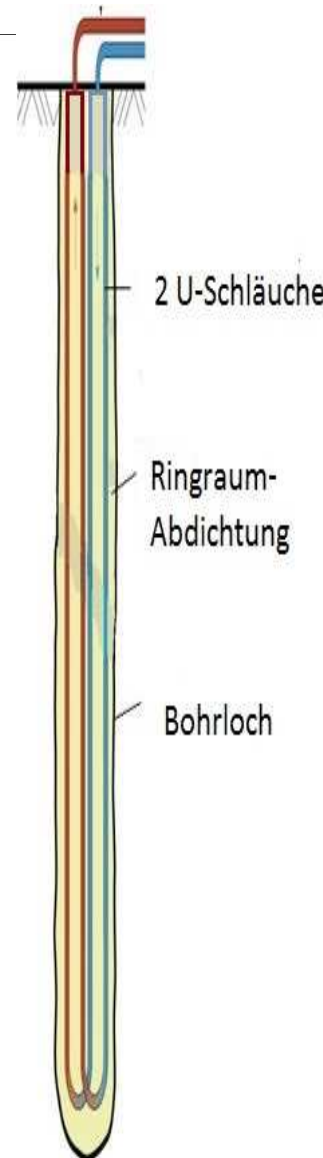
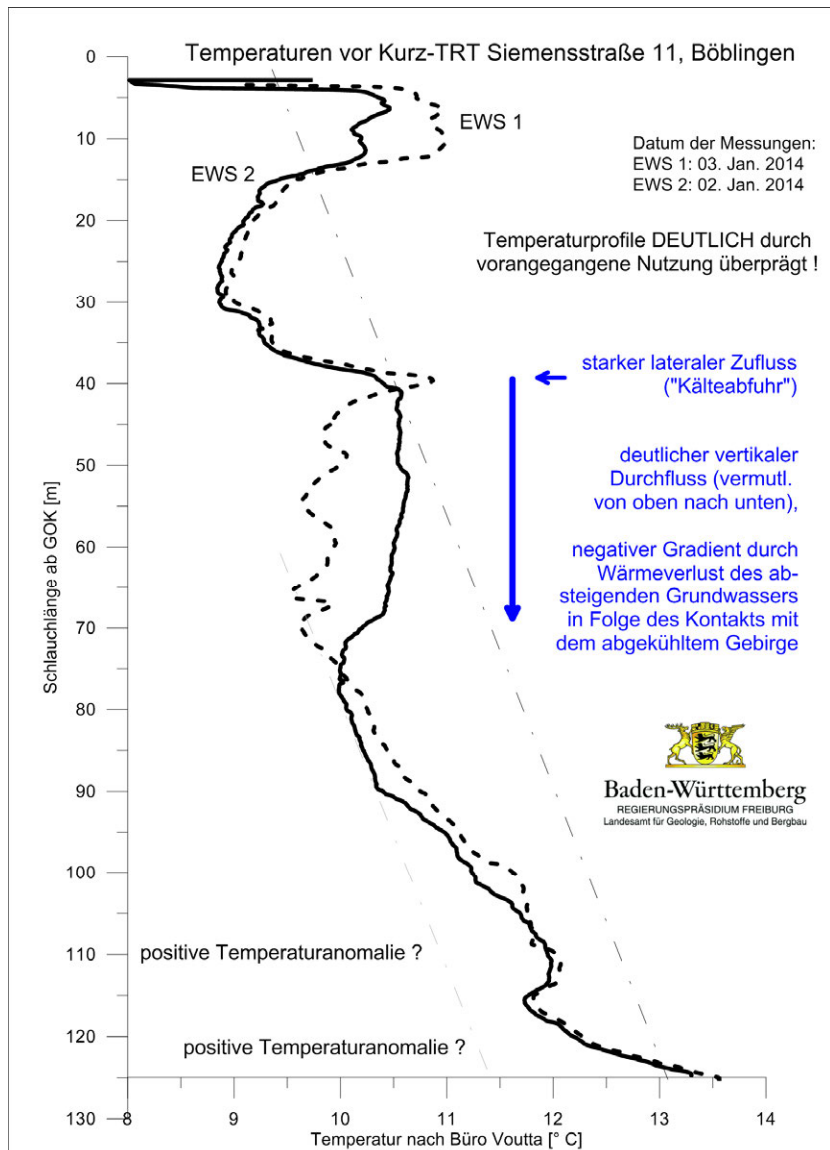


2014-09-09





# Erkundung des Untergrundes



## Arbeitshypothese

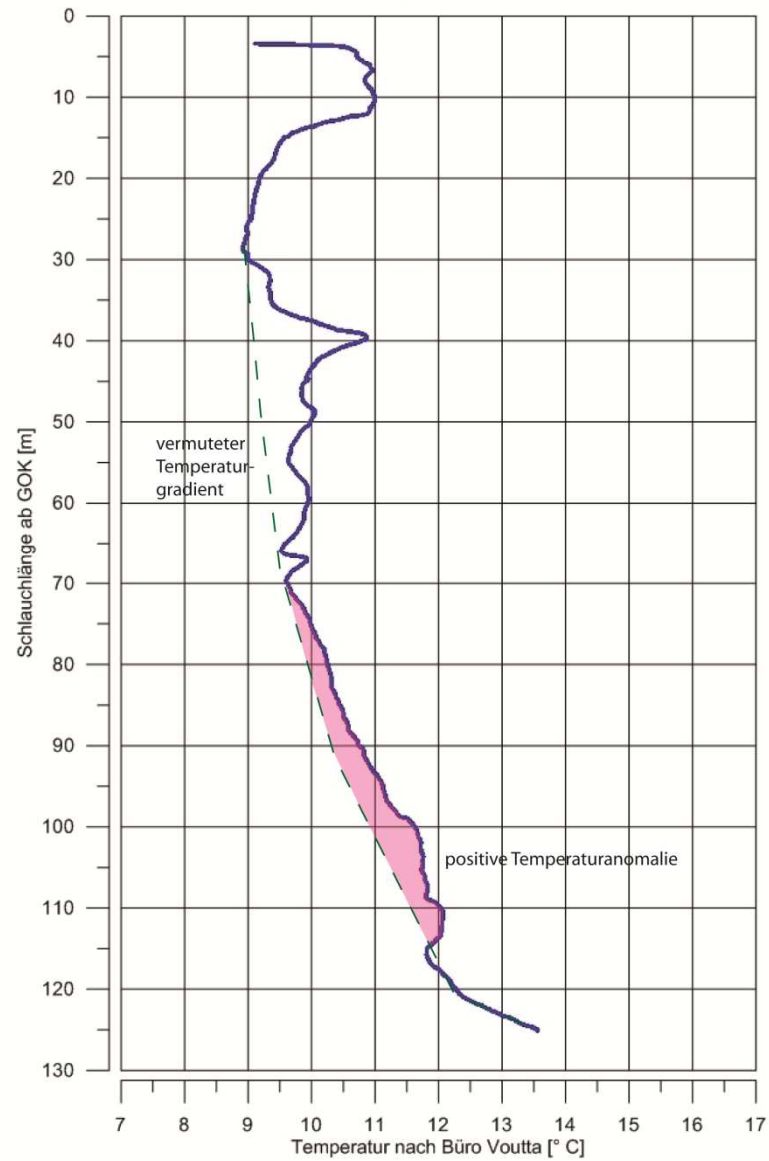
(auf Grundlage erster Ruhetemperaturmessungen in EWS 1 und EWS 2)

- Gebäudeschäden durch Hebungen
- „Gipskeuperquellen“
- Grundwasserzutritte in den quellfähigen Bereich
- Auffälligkeiten in den Ruhetemperaturprofilen
- Räumliche Nähe, zeitliche Abhängigkeit zu den EWS



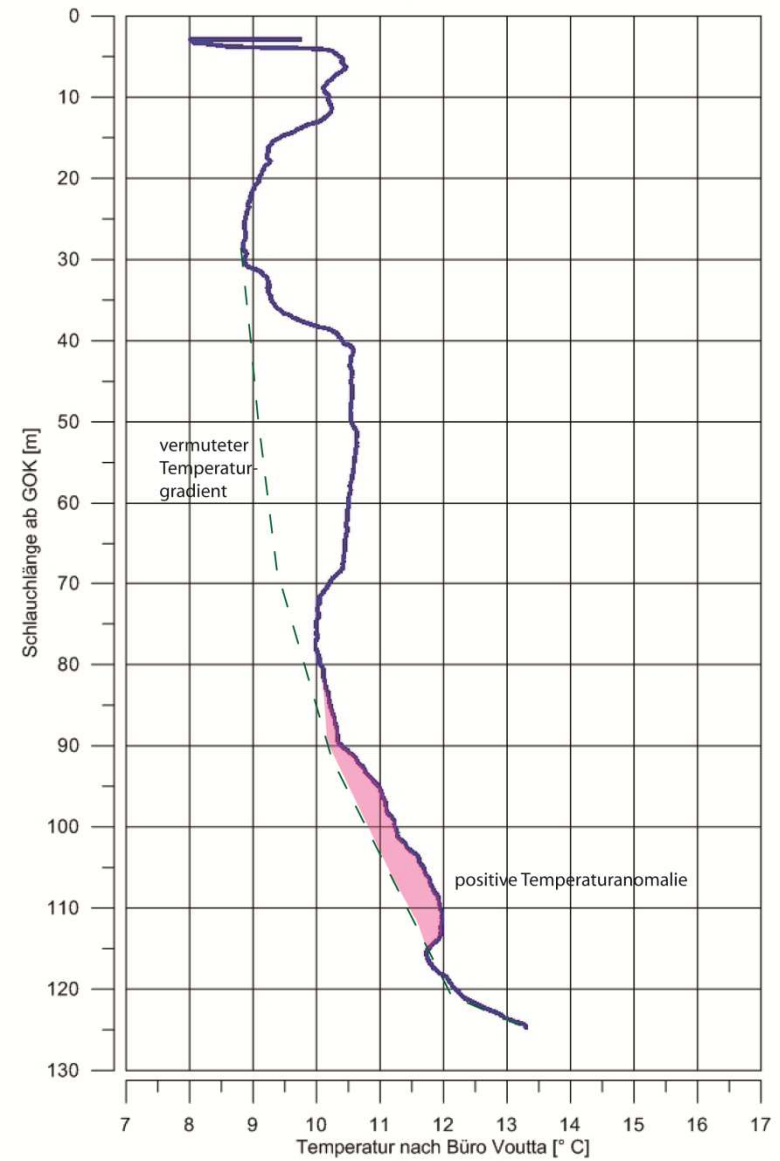
Ruhetemperaturprofil; Siemensstraße 11, Böblingen; EWS 1

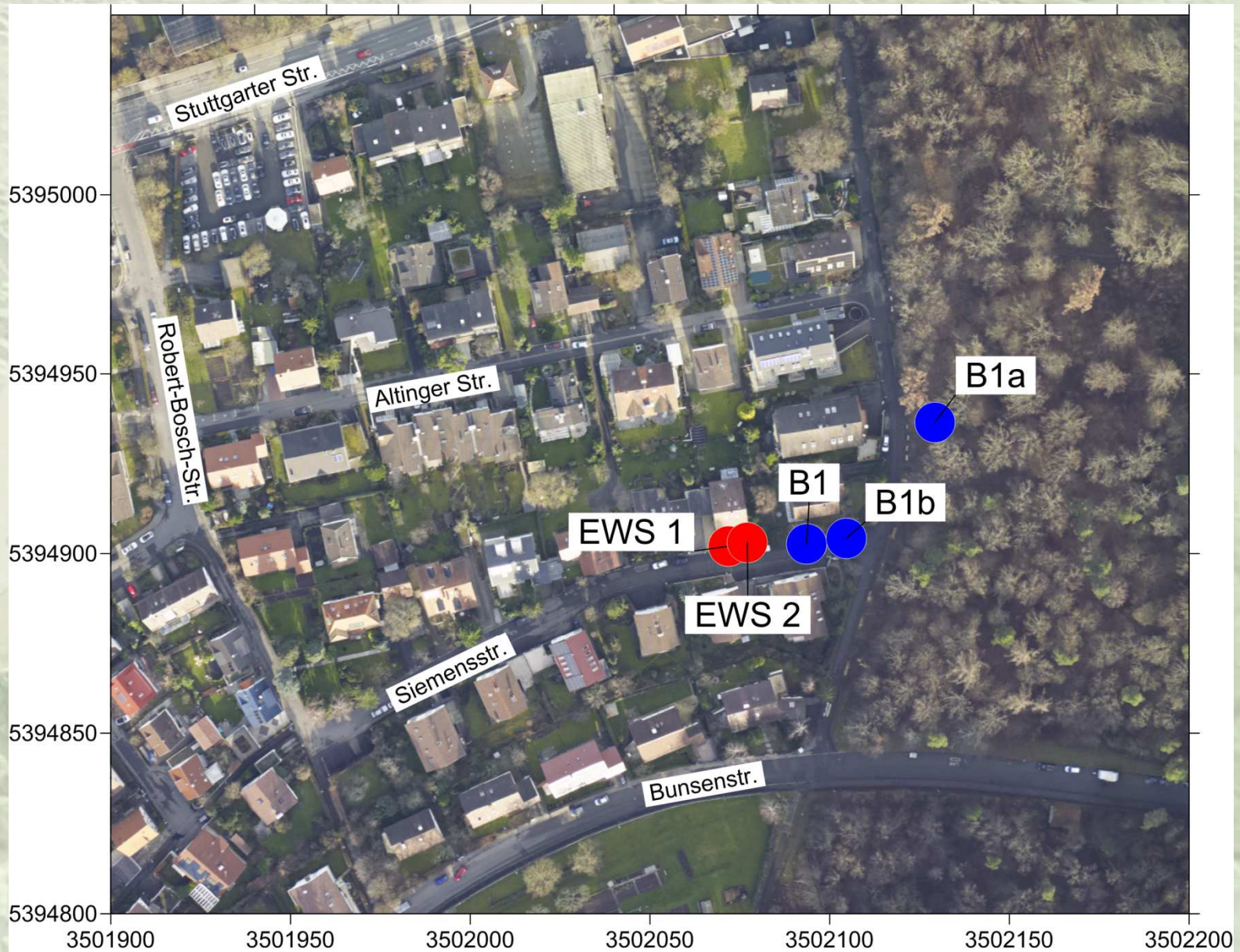
Datum der Messung: EWS 1: 03. Jan. 2014



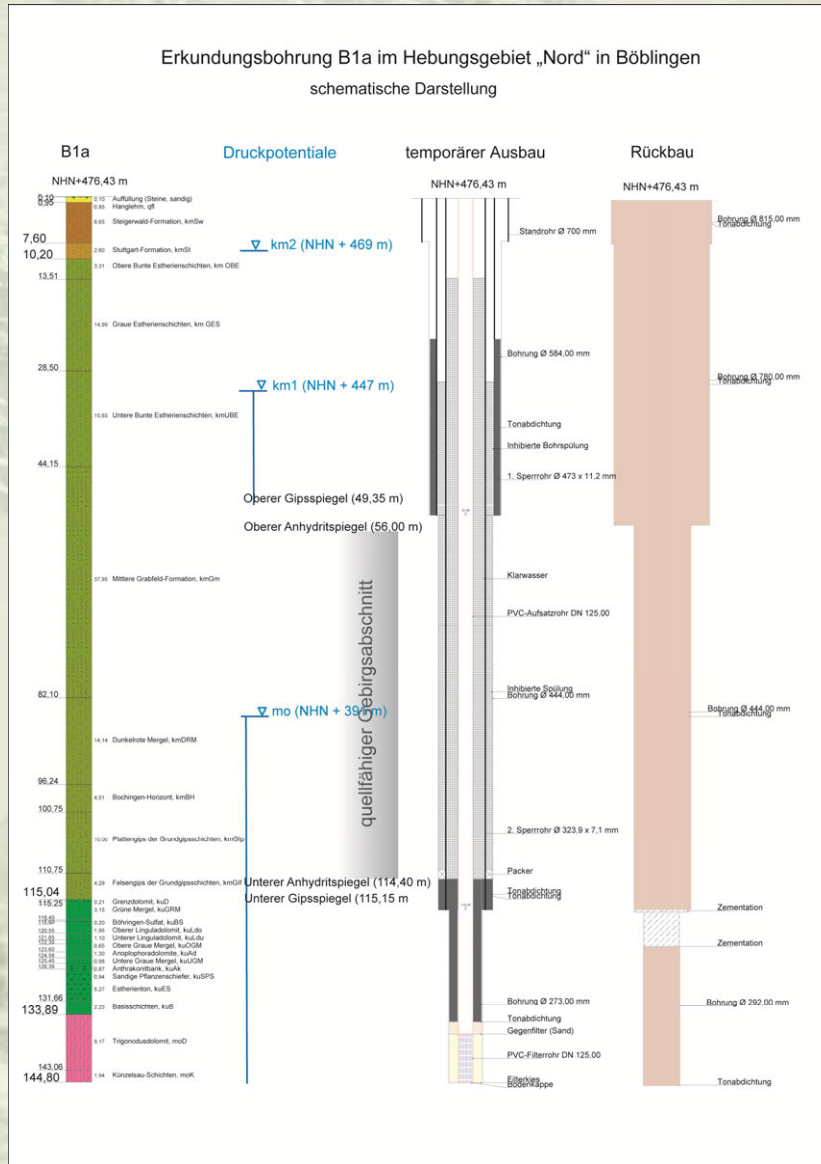
Ruhetemperaturprofil; Siemensstraße 11, Böblingen; EWS 2

Datum der Messung: EWS 2: 02. Jan. 2014





# Erkundung des Untergrundes



(Ausschnitt: Mittlere Grabfeldformation)



(Ausschnitt: Plattengips Grundgips-schichten)



# Erkundung des Untergrundes

Tab. 8.2: Gliederung der B1a in Homogenbereiche

Teufe [m]	Mächtigkeit [m]	Homogenbereich	Wassergehalt [%]	Porenanteil [%]	Trockendichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Reindichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Gipsgehalt [%]	Anhydritgehalt [%]	TM-Gehalt [%]	Karbonat- Gehalt [%]	Lithologie der untersuch- ten Proben
-0,95	0,95	Quartär (q, yA)	21,6	21,9	1,93	2,47	<1*	<1*	-**	<5*	tonig-schluffige Fließerde
-6,00	5,05	Primär nicht oder nur gering sulfatführendes Gebirge (kmSw)	13,9 (11,7 – 19,1)	17,5 (11,2 – 22,1)	2,07 (1,99 – 2,17)	2,50 (2,44 – 2,55)	<1*	<1*	-**	19,7 (7,5 – 38,0)	Tonsteine, teilw. aufgelockert und aufgewittert
-7,60	1,60	GAR-Zone (kmSw)	18,7	16,0	2,12	2,52	<1*	<1*	-**	<5	Auslaugungsrückstände, lockergesteinsartige, brecciöse Ton-/Schluffsteine
-49,35	41,75	Primär nicht/gering sulfatführendes Gebirge (kmSt - kmGr)	8,4 (0,7 – 17,2)	8,1 (0,2 – 24,7)	2,40 (2,01 – 2,64)	2,61 (2,42 – 2,83)	<1*	<1*	-**	20,5 <5* – 58,0)	Sandsteine, Tonsteine teilw. dolomitisch, Dolomitsteine, geringe GAR Lagen
-56,00	6,65	Zone zwischen Oberem Gips- und Oberem Anhydritspiegel (kmGr)	2,4 (1,1 – 5,7)	2,2 (0,0 – 5,6)	2,31 (2,20 – 2,43)	2,36 (2,32 – 2,43)	59,4 (17 – 88)	<1*	-**	4,1 (<5* – 10)	Gipssteine, Tonsteine teilw. dolomitisch, Dolomitsteine
-86,49	30,49	Zone zwischen Oberem Anhydritspiegel und Anhydritkern (kmGr)	2,3 (0,2 – 8,2)	3,1 (0,0 – 8,6)	2,60 (2,21 – 2,85)	2,68 (2,24 – 2,86)	4,4 (<1* – 29)	24,6 (<1* – 73)	47,0 (15 – 18) ***	11,5 (<5* – 39)	Tonsteine teilw. dolomitisch, Gips- und Anhydritgesteine
-114,40	27,91	Anhydritkern (kmGr)	0,8 (0,1 – 2,6)	3,0 (0,0 – 12,8)	2,78 (2,53 – 2,91)	2,87 (2,70 – 2,98)	3,3 (<1* – 25)	54,0 (8 – 87)	24,2 (<3* – 54)	11,0 (<5* – 39)	Tonsteine teilw. Dolomitisch, Anhydritsteine, wenig Gipssteine
-115,15	0,75	Zone zwischen Anhydritkern und Unterem Gipsspiegel (kmGr)	0,1	6,5	2,29	2,45	99	<1*	<3*	<5*	Gipssteine, Tonsteine dolomitisch, Dolomitsteine
-133,89	18,74	Unterkeuper, teilw. mit Gipsstein, bzw. Sulfatknollen (ku)	1,9 (0,1 – 6,3)	7,2 (0,4 – 13,6)	2,53 (2,30 – 2,95)	2,73 (2,54 – 3,00)	24,7 (<1* – 98)	<1*	46,6 (<3* – 80)	21,8 (<2* – 90)	Tonsteine, Dolomitstein, Feinsandsteine, Gipsstein und stellenweise Sulfatknollen
-144,80	10,91	Primär nicht oder nur gering sulfatführendes Gebirge (mo)	6,5 (0,4 – 12,7)	13,2 (0,4 – 25,5)	2,41 (2,10 – 2,67)	2,78 (2,65 – 2,98)	<1*	<1*	-**	91,6 (86 – 96)	Dolomitstein, Tonsteine, bioklastischer Kalkstein

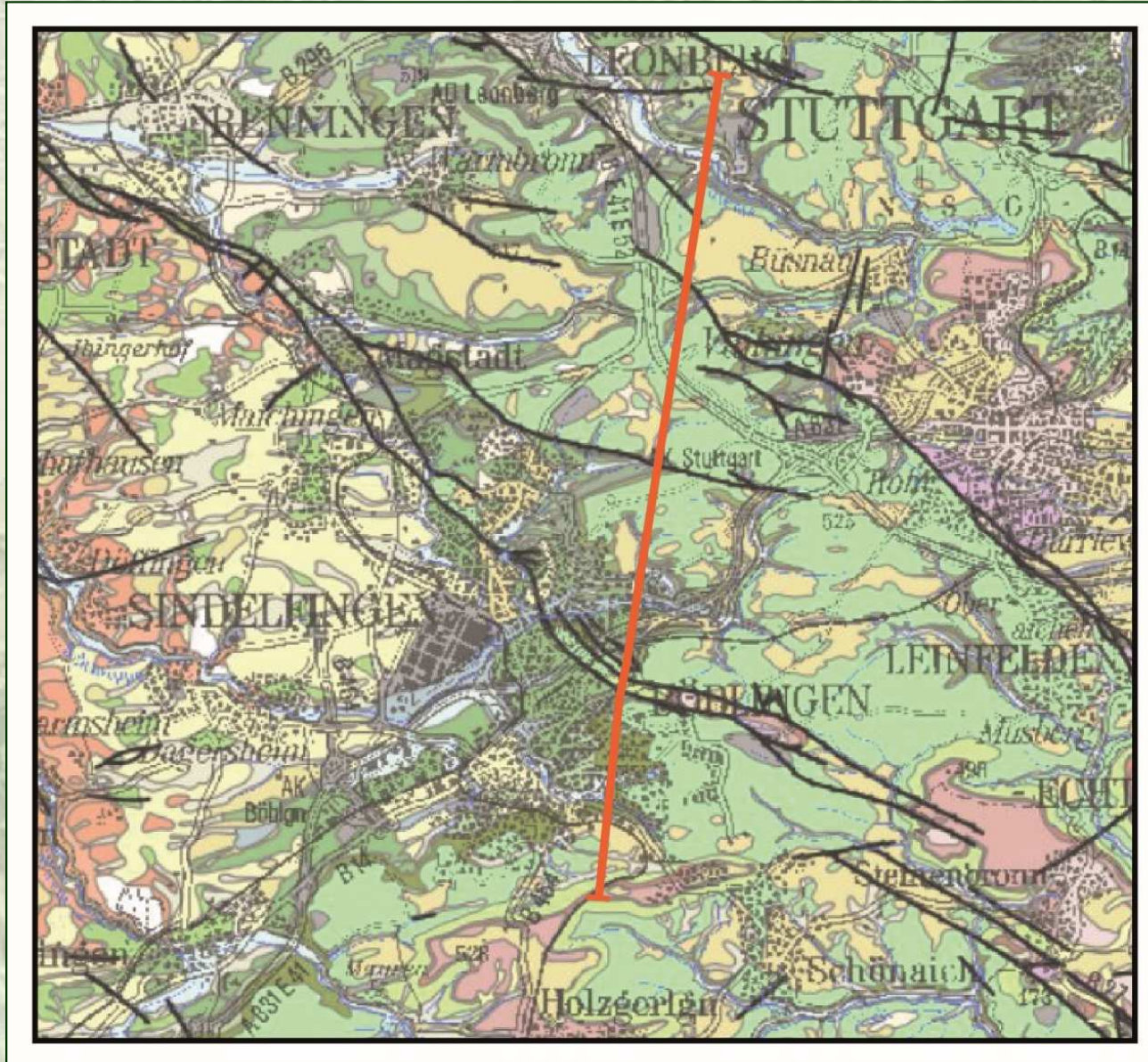
\* entspricht dem Wert der halben Nachweisgrenze

\*\* keine Daten vorhanden

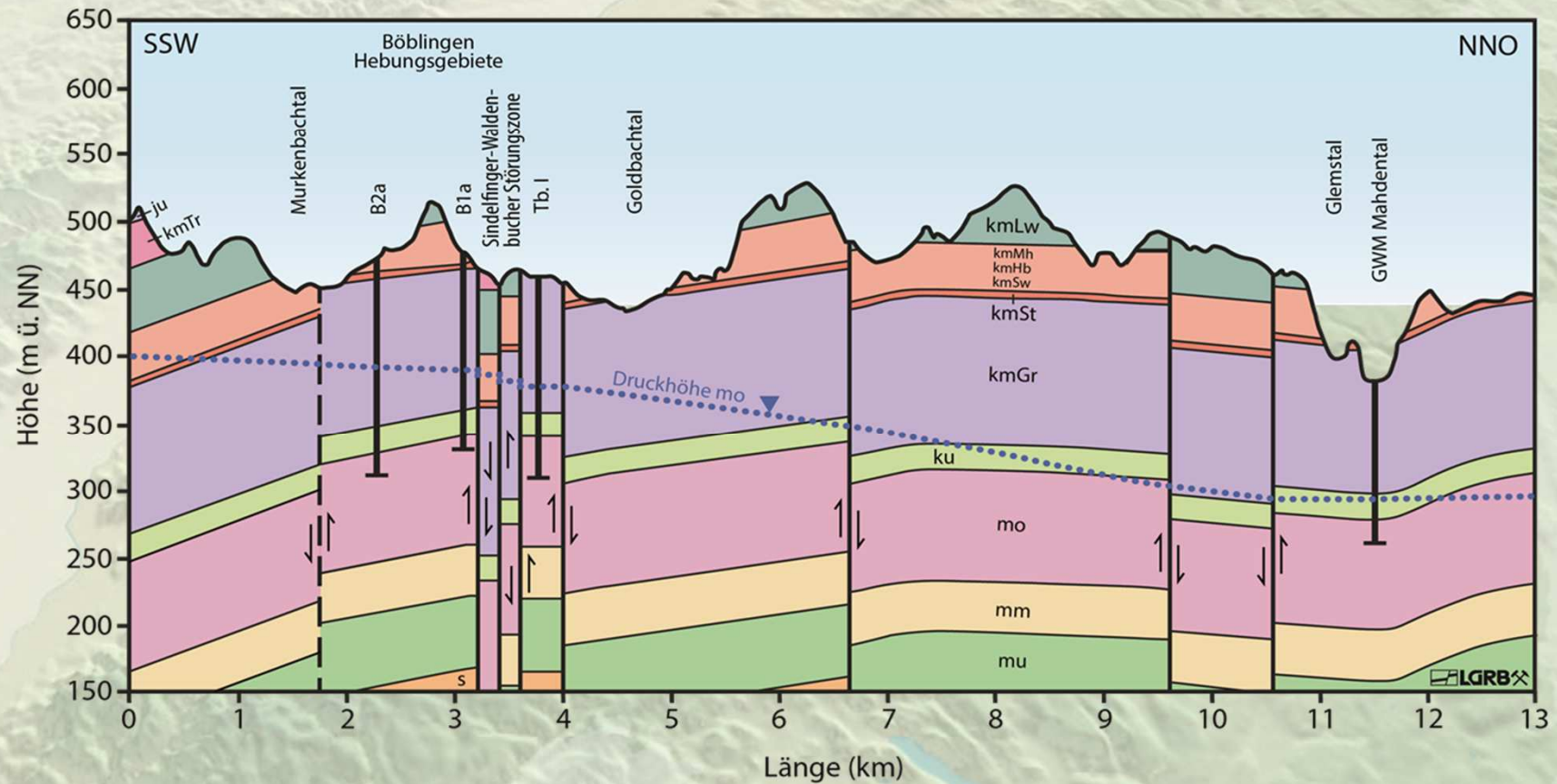
\*\*\* Analysen ab der Teufe -62,5 m



# Geologie und Hydrogeologie von Böblingen

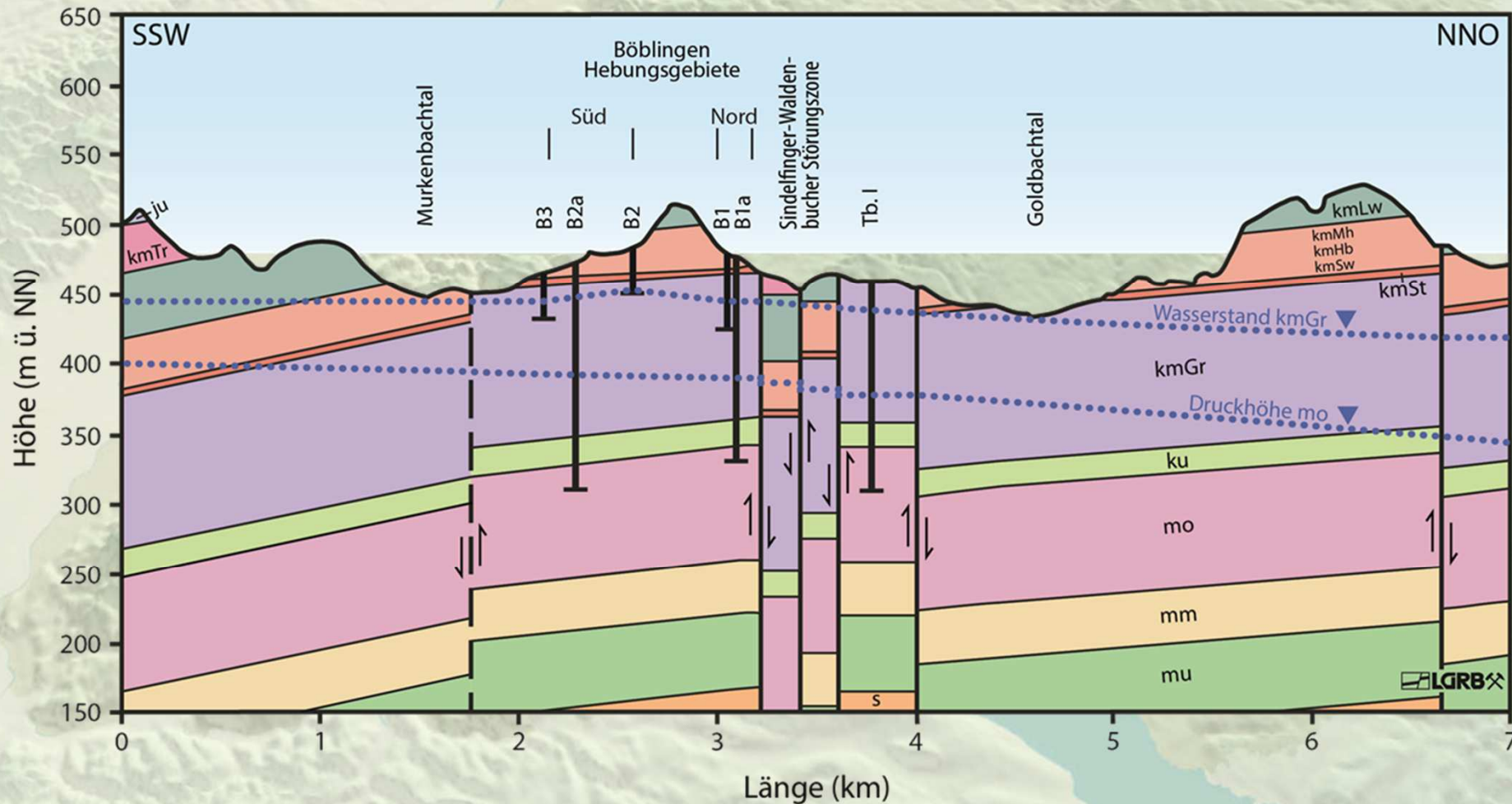


## Hydrogeologischer Übersichtsschnitt Böblingen

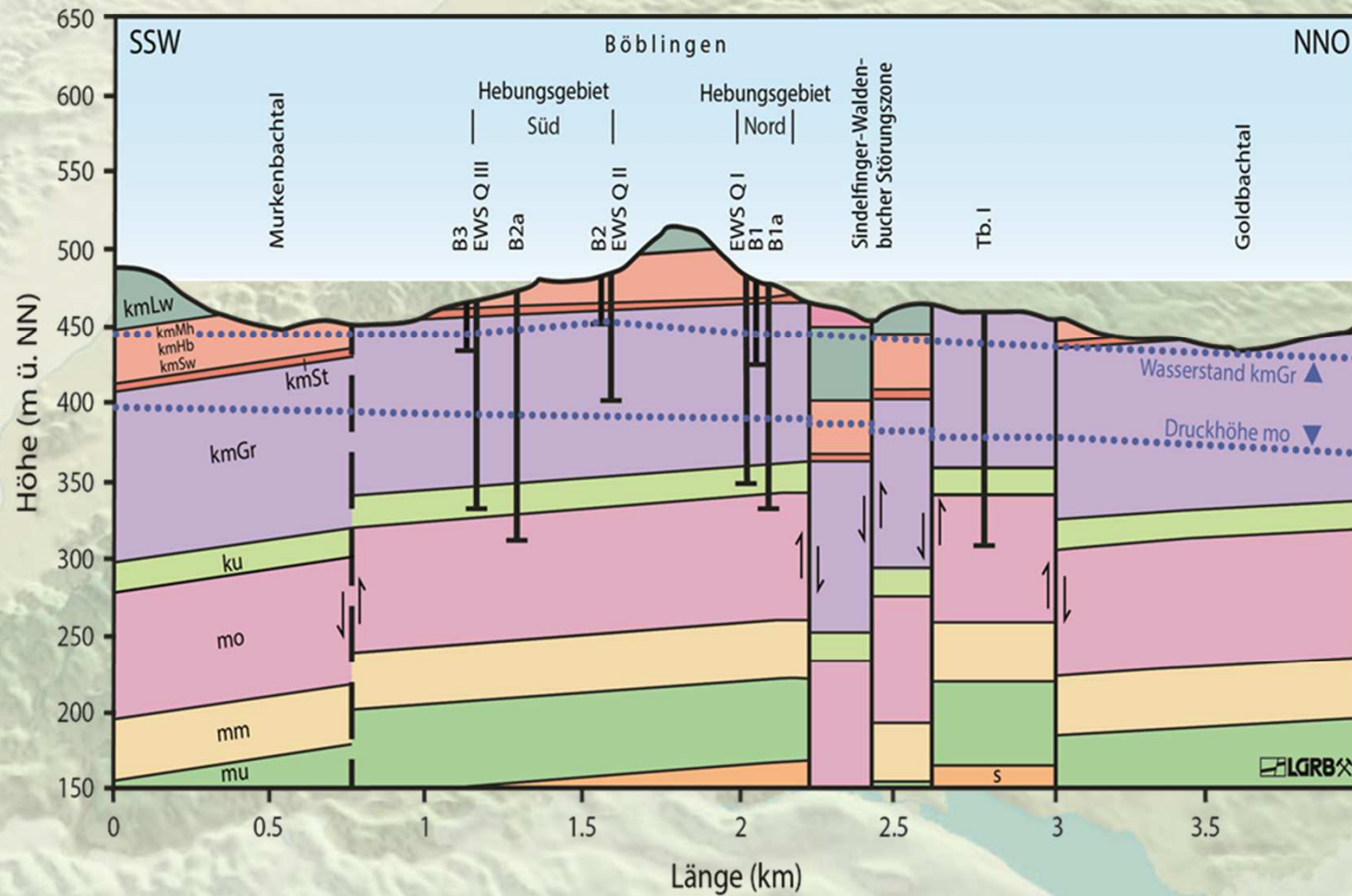


ju	Unterjura	kmSw	Steigerwald-Formation (Untere Bunte Mergel)	mo	Oberer Muschelkalk
kmTr	Trossingen-Formation (Knollenmergel)	kmSt	Stuttgart-Formation (Schilfsandstein)	mm	Mittlerer Muschelkalk
kmLw	Löwenstein-Formation (Stubensandstein)	kmGr	Grabfeld-Formation (Gipskeuper)	mu	Unterer Muschelkalk
kmMh	Mainhardt-Formation (Obere Bunte Mergel)	ku	Unterkeuper (Erfurt-Fm.)	s	Buntsandstein
kmHb	Hassberge-Formation (Kieselsandstein)				

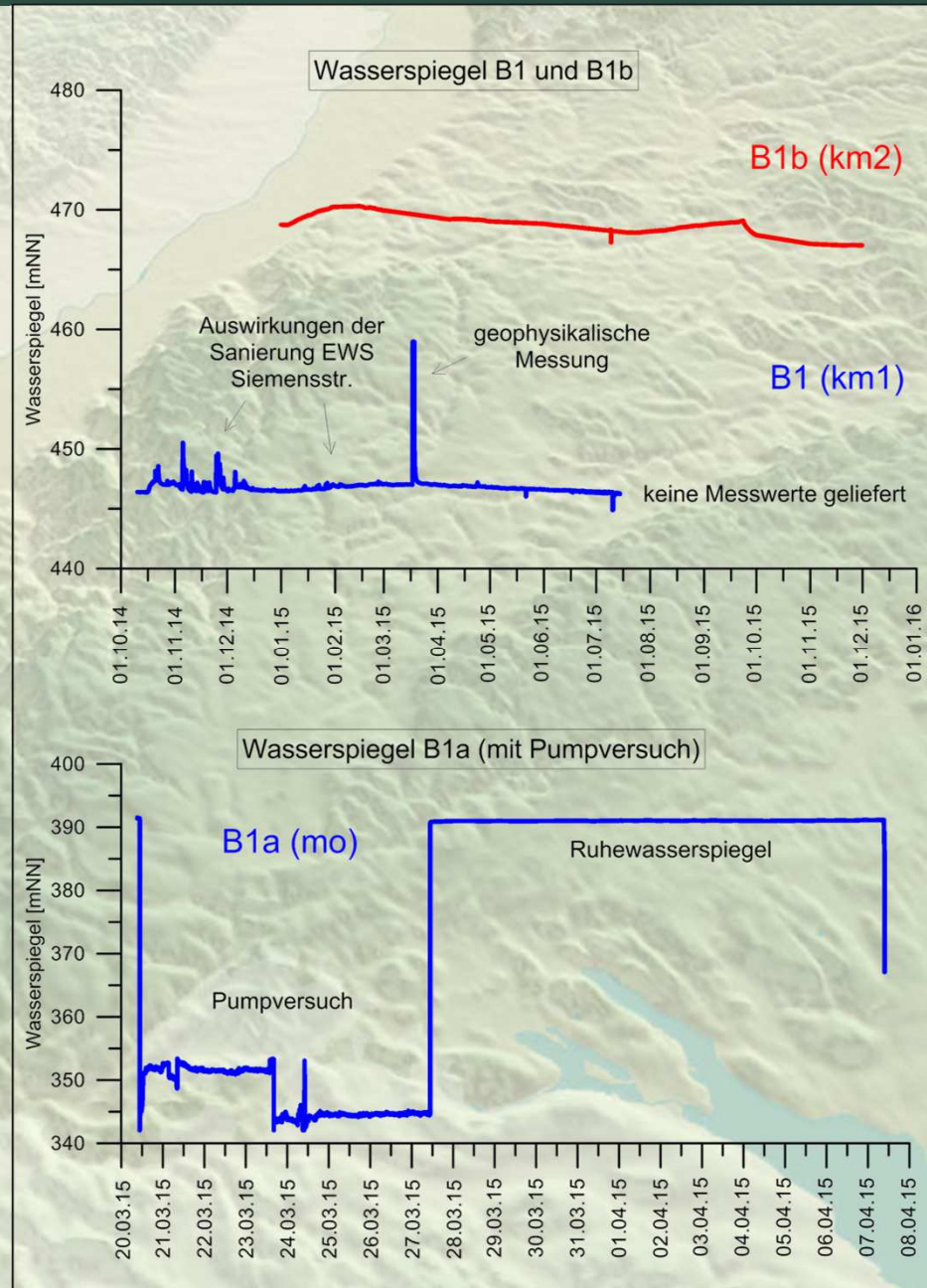
### Hydrogeologischer Detailschnitt 1 Böblingen

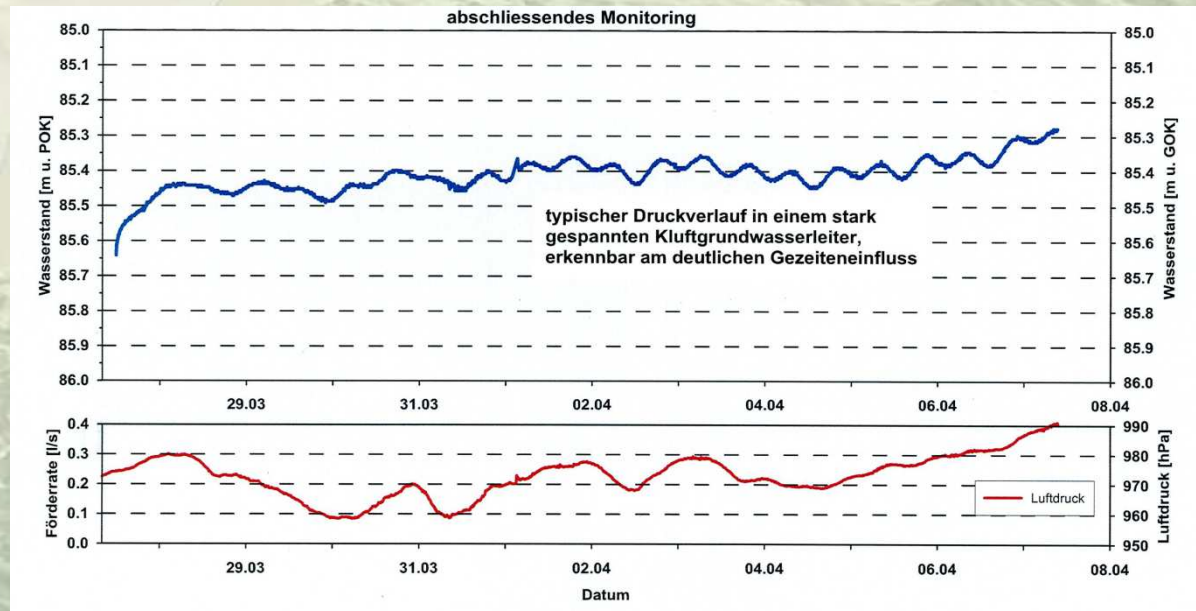


### Hydrogeologischer Detailschnitt 2 Böblingen

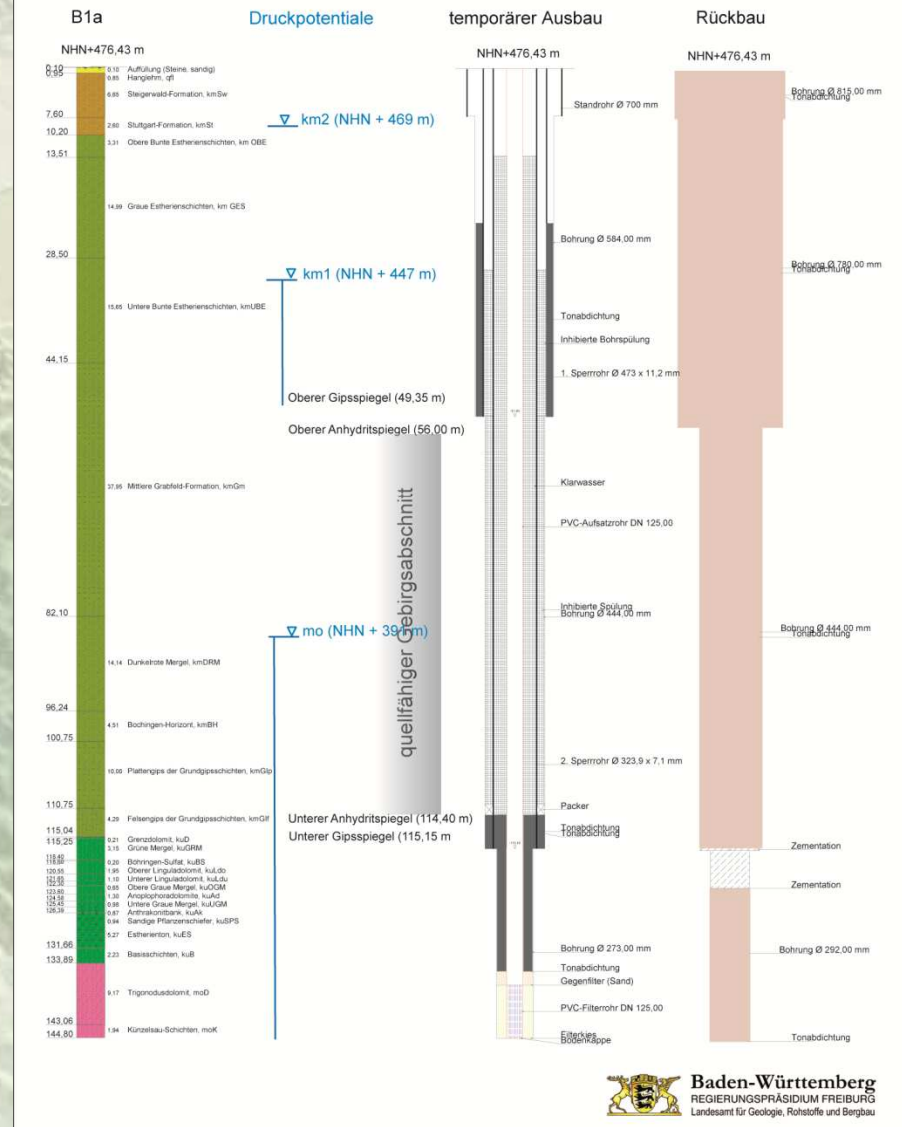






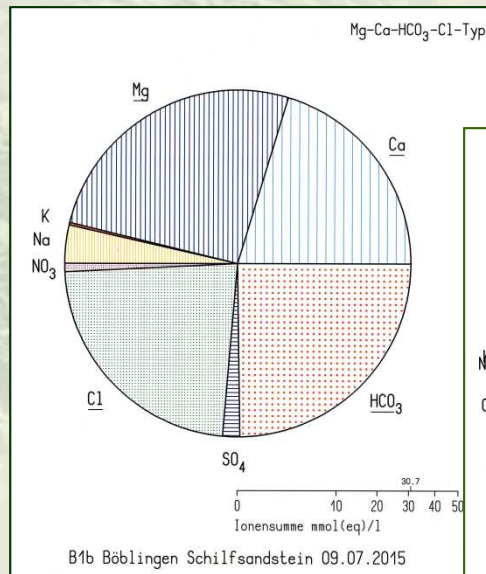


Erkundungsbohrung B1a im Hebungsgebiet „Nord“ in Böblingen  
schematische Darstellung

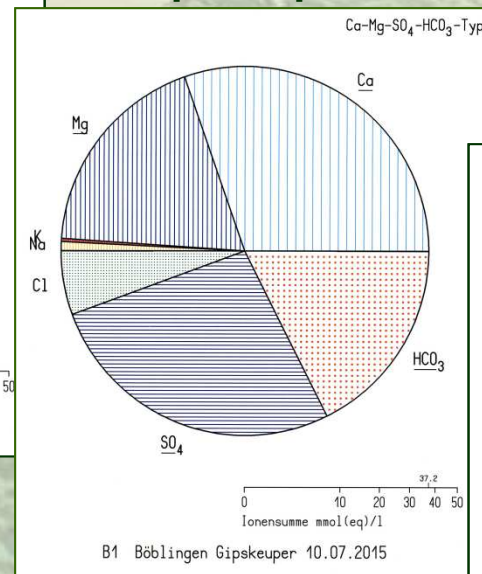


# Chemismus der Grundwasserstockwerke

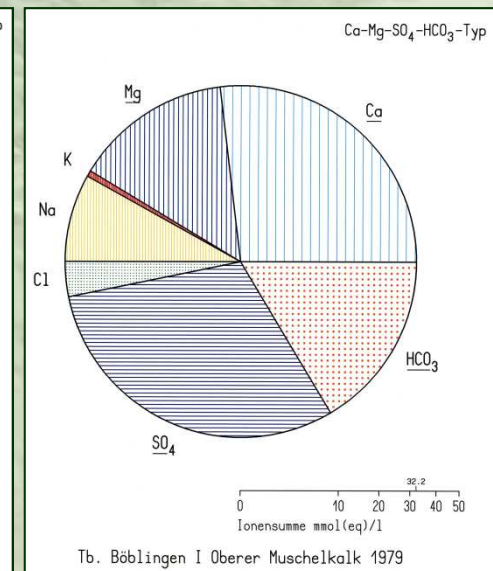
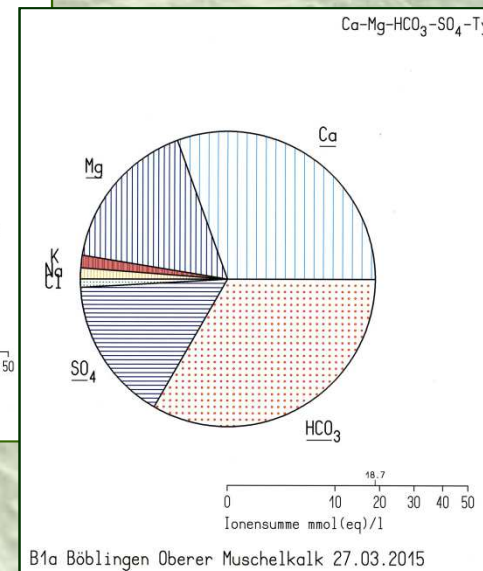
## Schilfsandstein



## Gipskeuper



## Oberer Muschelkalk



Udluft-Diagramme: Äquivalentkonzentrationen



# Schadensbegrenzende Maßnahmen

## Schadensbegrenzende Maßnahme: Nachverpressung von EWS 1 und EWS2

### **Nachverpressung** (Zeitraum 27.10.2014 bis 28.01.2015)

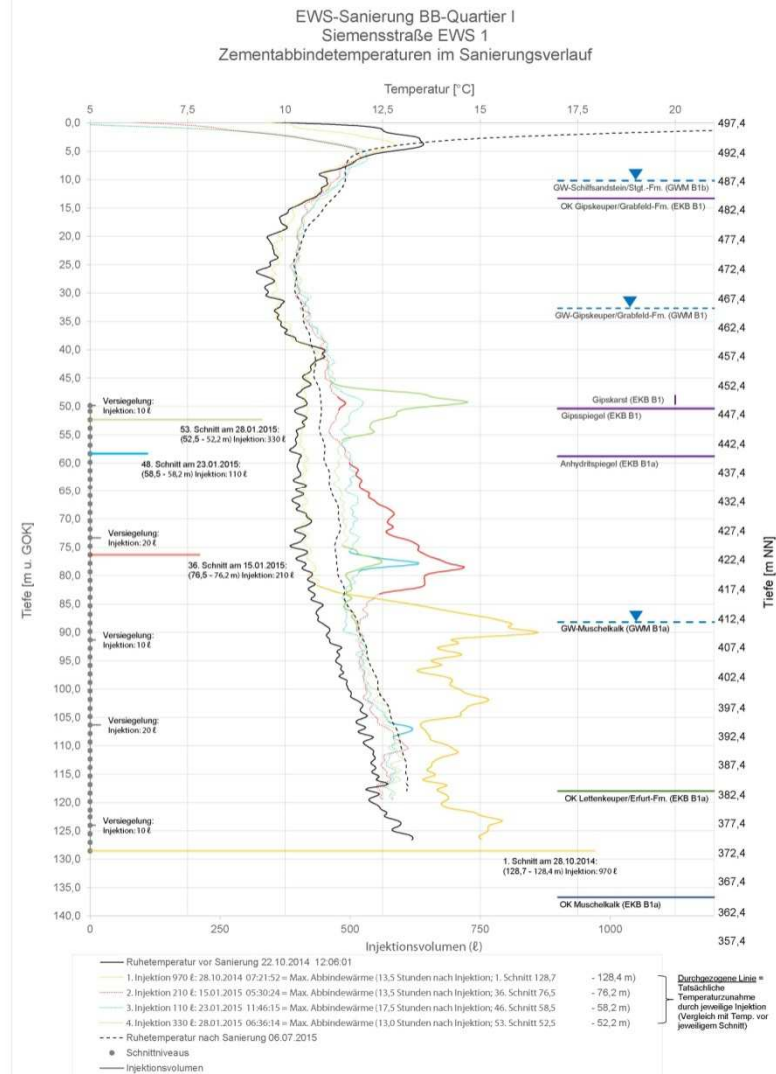
- Perforation eines Schenkels des ersten U-Sondenschlauches mittels Hochdruckwasserstrahl (Schnitt a' 30 cm je Schnittebene mit Schneiddüse  $\varnothing 7,5$  mm),
- kurzer Wasserdurchlässigkeitstest bis max. 10 bar nach Schnitt,
- Zementinjektion nach erwiesener WD-Aufnahmefähigkeit mit max. 10 bar Verpressdruck bis Aufnahme  $< 1$  l/min, Druck halten und Zement ansteifen lassen,
- Reinigen des Rohrpaars mit Spüldüse,
- nächster Schnitt 1,5 m über dem vorangegangenen Schnitt usw.
- Temperatur-Profilmessungen über eingebautes Glasfaserkabel im zweiten U-Sondenschlauch zur Dokumentation der eintretenden Abbindewärme (Injektionserfolg).

# Nachverpressung von EWS 1 und EWS2

VEES | PARTNER  
Az 14012

Bericht vom 25.09.2015  
Anlage 4.4a

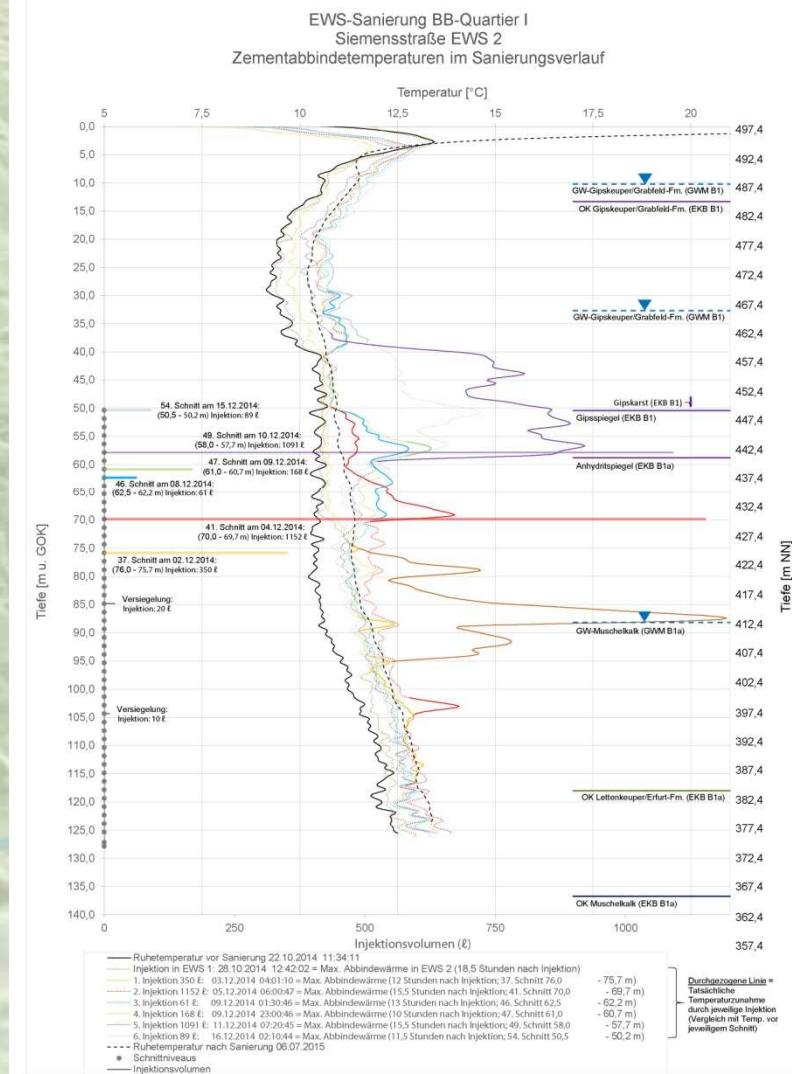
## EWS 1 $\Sigma$ 1690 Liter Injektionszement



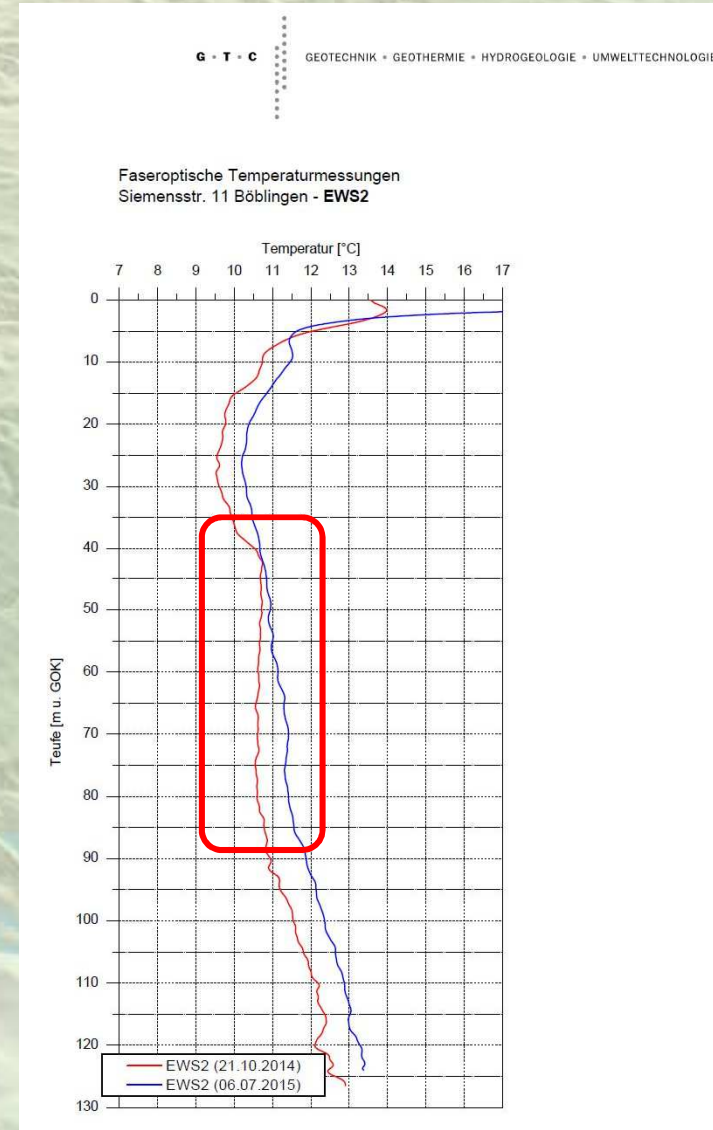
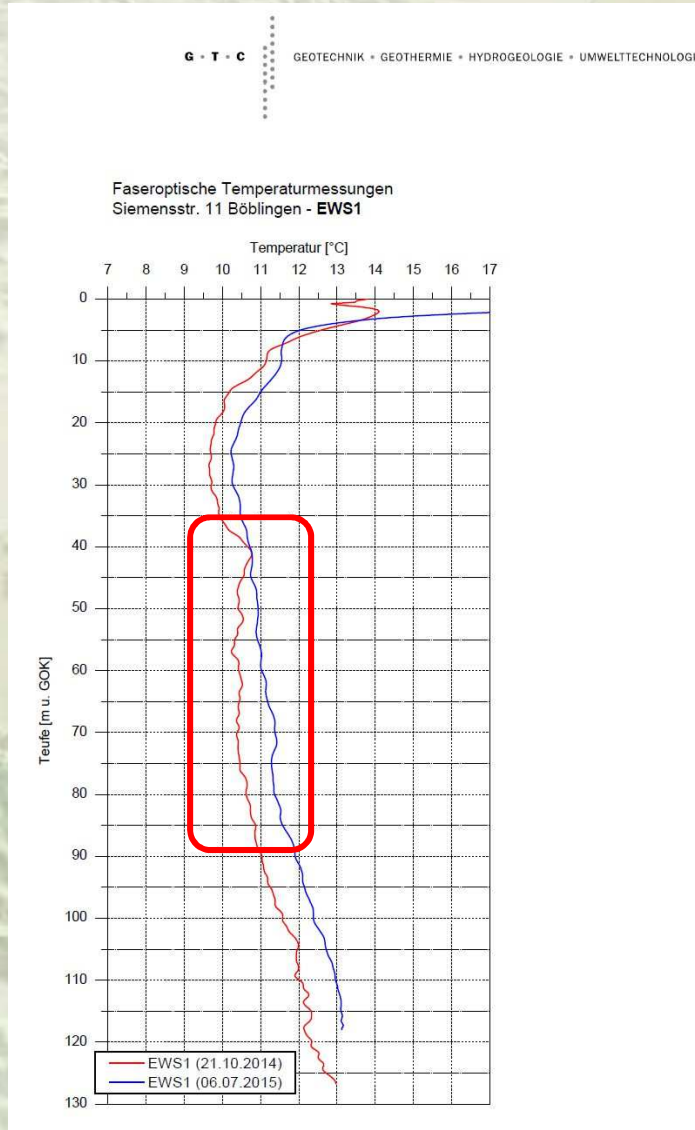
VEES | PARTNER  
Az 14012

Bericht vom 25.09.2015  
Anlage 4.4b

## EWS 2 $\Sigma$ 2941 Liter Injektionszement

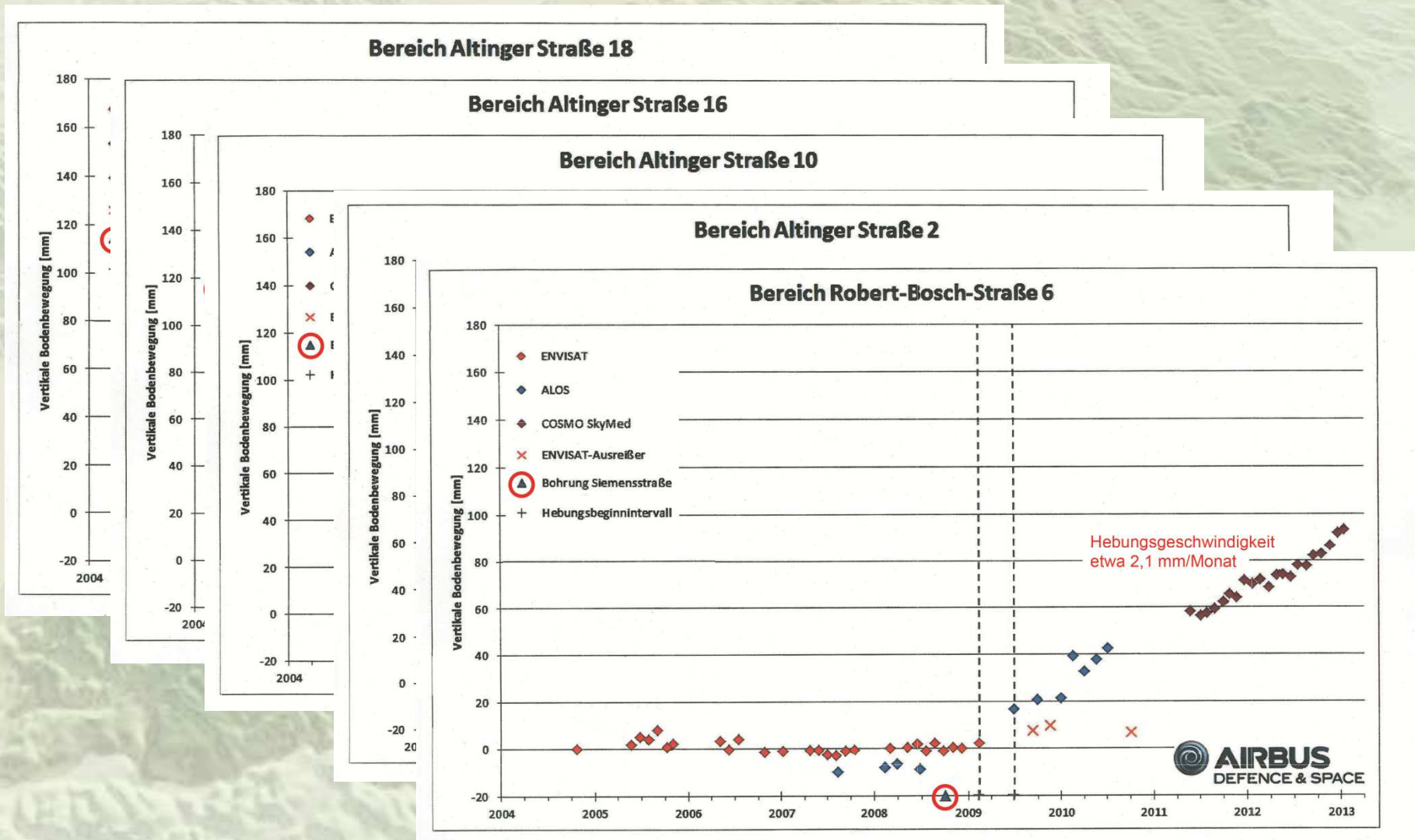


## Erfolg der Nachverpressung von EWS 1 und EWS2

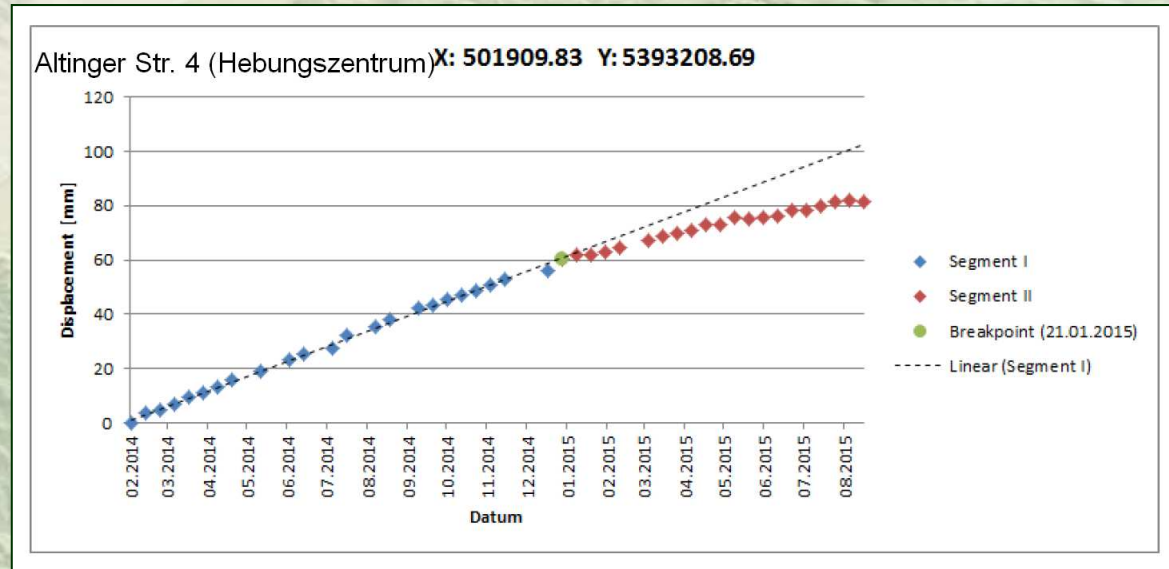




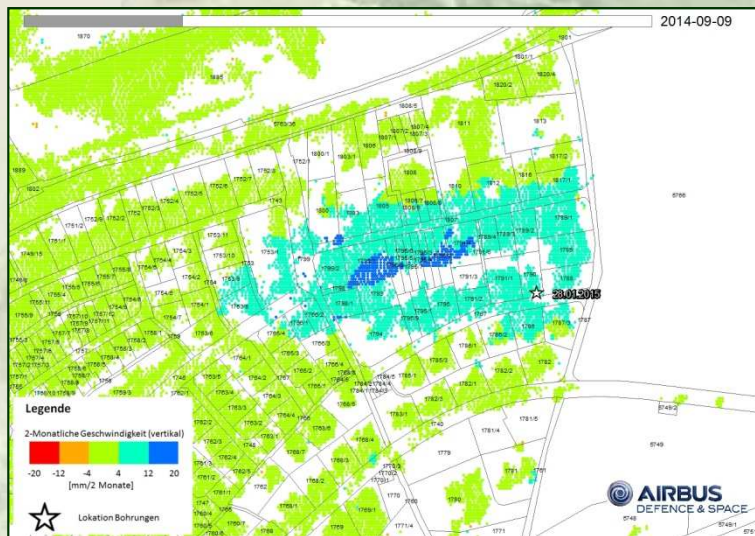
## Auswertung über den Beginn der Hebungen und Sanierungserfolg



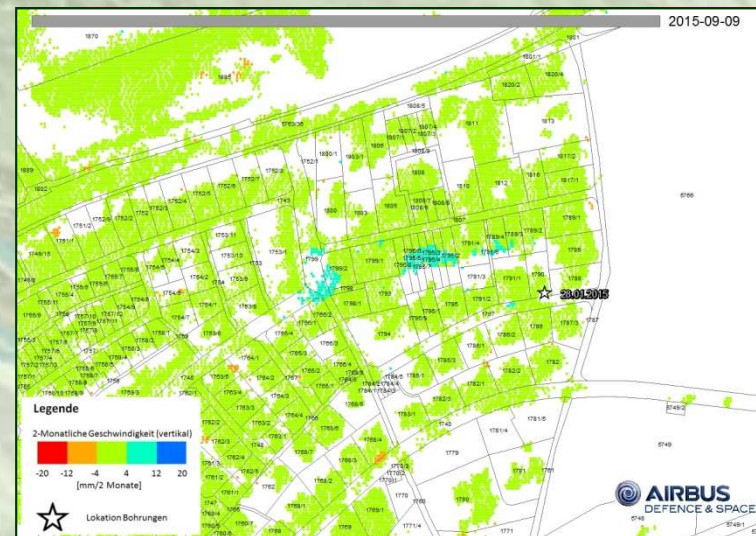
**Nachverpressungen** von EWS 1 und EWS 2 im Zeitraum vom 27.10.14 - 28.01.15 und **Sanierungserfolg** nach Radarinterferometrie nach Messdaten des Satelliten TerraSAT-X



09. September 2014



09. September 2015





**Zusammenfassung**

## Zusammenfassung (1)

Hebungsgebiet „Nord“ : ca. 600 m in West-Ost und ca. 200 m in Nord-Süd messender, angenähert elliptischer Bereich mit signifikanten Geländehebungen.

Hebungszentrum liegt im (östlichen) Umfeld der Kreuzung Robert-Bosch-Straße/ Altinger Straße. Hebungsgeschwindigkeit hat 6 bis 7 mm/Monat betragen. Absolute Hebungsbeträge seit Beginn der Hebungen etwa 37 cm - 45 cm.

Belastbarer Datensatz durch geologische Erkundung im Hebungsgebiet anhand der Bohrung B1a, B1 und B1b und der Begleituntersuchungen.

Positive Temperaturanomalie in EWS 1 ab 70 m bis 115 m und in EWS 2 ab 90 m bis 115 m unter Gelände als Auswirkung einer exothermen Reaktion.

Temperaturanomalie allein als exotherme Reaktion bei der Umwandlung von Anhydrit in Gips erklärbar („Gipskeuperquellen“).

## Zusammenfassung (2)

Hebungen auf Quellvorgänge in der Grabfeld-Formation (Gipskeuper), dem sogenannten "Gipskeuperquellen" zurückzuführen. In sulfatführenden Abschnitten Anhydrit nachgewiesen.

„Gipskeuperquellen“ durch absteigende Wasserzufuhr über undichte Ringräume der EWS 1 und 2 verursacht. Andere Kausalitäten sind auszuschliessen.

Raumzeitliche Übereinstimmung zwischen Ausführung der Bohrungen und dem Beginn der ersten Hebungen.

Nach interferometrischer Zeitserienanalyse Beginn der Hebungen im Nahbereich um die Bohrungen unmittelbar (wenige Tage/Wochen) nach deren Erstellung.

Hebungsprozesse nach Einleiten der schadensbegrenzenden Maßnahme, nachweislich abklingend (Beleg: interferometrischen Zeitserienanalysen von Radarsatellitendaten).



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**